



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Savingsbasierte Heuristik für die periodische
Kundenbelieferung“

Verfasserin

Ina Lackner

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften
(Mag. rer. soc. oec.)

Wien, im Jänner 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A157
Studienrichtung lt. Studienblatt: Internationale Betriebswirtschaft
Betreuer: Univ.- Doz. Dr. Karl Dörner

1. Einführung	3
1.1 Problemstellung	3
1.2 Von der Produktion bis hin zum Endkonsumenten	3
1.2.1 Zigarettenproduktion	4
1.2.2 Zigarettenverpackung	5
1.2.3 Lagerung und Beförderung	6
1.2.4 Verkauf	7
1.3 Problemstellungen – Produktion bis Verkauf	7
1.4 Besondere Gegebenheiten bzw. Anforderungen	8
2. Allgemeines zur Tourenplanung	9
2.1 Periodisches Vehicle Routing Problem	10
2.2 Heuristiken für die Tourenplanung	14
2.3 Klassische Heuristiken für das vehicle routing problem	14
2.4 Klassische Heuristiken	14
2.4.1 Konstruktive Heuristiken	14
2.4.2 Zwei-Phasen Heuristiken	15
2.4.3 Verbesserungsmethoden	17
2.5 Metaheuristiken	18
3. Der Savingsalgorithmus	21
3.1 Was ist notwendig um zwei erstellte Touren zusammen zu legen	23
3.2 Einordnung in die klassischen Heuristiken	25
4. Tourenplanung im konkreten Fall	25
4.1 Konkrete Problemstellung	25
4.2 Konkreter Lösungsansatz	26
4.2.1 Grundsätzliches zur Problemstellung	26
4.2.2 Datenverarbeitung	28
4.2.2.1 Distanzberechnung	28
4.2.2.2 Frequenzbestimmung	29
4.2.2.3 Frequenzmuster	29
4.3 Programmierablauf in C++	30
4.3.1 Einlesen der Daten	31
4.3.2 Zufälliges Zuordnen der Besuchsmuster	31
4.3.3 1.000-maliges bzw. 10.000-maliges Wiederholen des Savingsalgorithmus	31

4.4 Pseudocode	32
5 Grundsätzliches zum Vergleichen der Ergebnisse.....	34
6 Auswertungen:	35
6.1 Dauer der Berechnung.....	36
6.2 Gesamtdauer der Touren für zehn Tage	37
6.3 Gesamtzahl der belieferten Kunden	38
6.4 Anzahl an extern belieferten Kunden:.....	39
6.5 Verwendete Kraftfahrzeugtage für die gesamte Periode.....	39
6.6 Tage an welchen 480 Minuten überschritten werden	40
6.7 Zusammenfassung der oben genannten Punkte eins bis sechs	40
7 Lieferlagerauswertungen.....	41
7.1 Rankweil.....	41
7.2 Salzburg	44
7.3 Stein.....	46
7.4 Thaur	48
7.5 Graz	49
7.6 Klagenfurt.....	51
7.7 Linz.....	52
8. Allgemeines zur Tabaktrafik.....	53
8.1 Geschichte der Monopolverwaltung	54
8.1.1 Monopol.....	55
8.2 Marktsituationen	55
8.2.1 Monopol.....	55
8.2.2 Oligopol	56
8.2.3 Polypol.....	56
8.3 Geschichte der Austria Tabak.....	56
8.4 Vergleich der größten international tätigen Tabakkonzerne	57
8.4.1 Führende Marken von ATW / Gallaher / JTI.....	58
8.5 Schmuggel in Österreich	58
9. Resümee.....	60
10. Literaturangaben:	61

Savingsbasierte Heuristik für die periodische Kundenbelieferung

Die Problemstellung dieser Diplomarbeit befasst sich mit der Belieferung von Tabaktrafiken in Österreich.

Im allgemeinen handelt es sich hierbei um ein Tourenplanungsproblem welches mit einem Savingsalgorithmus in C++ implementiert wurde.

1. Einführung

1.1 Problemstellung

In Österreich werden alle Tabaktrafiken von nur einem einzigen Unternehmen beliefert – der tobaccoland Handels GmbH & Co KG. Diese übernimmt die österreichweite Zustellung von Tabakwaren. Insgesamt sind in Österreich acht Lieferlager der tobaccoland Handels GmbH & Co KG verteilt.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist die Neuplanung von Rahmentouren für die periodische Belieferung von Trafiken. Da insgesamt acht Lieferlager in Österreich existieren, kann grundsätzlich gesagt werden, dass diese Arbeit aus acht Teilproblemen besteht welche gelöst werden. Acht Teilprobleme, da die Rahmentouren für jedes einzelne Lieferlager berechnet werden müssen und somit jede Niederlassung ein eigenes Problem darstellt. Die Berechnung für jedes dieser einzelnen Aufgaben erfolgt jedoch nach den gleichen Mustern.

1.2 Von der Produktion bis hin zum Endkonsumenten

Ursprünglich gab es in Österreich vier Standorte an welchen Zigaretten produziert wurden. Diese waren Linz, Hainburg, Schwaz und Fürstenfeld, wobei bei Letzterem nur Zigarren produziert wurden. Momentan existieren nur noch die Fabriken in Linz und Hainburg. In Zukunft wird die gesamte Produktion jedoch auf Hainburg konzentriert werden. Die Niederlassung in Linz sollte im Jahre 2009 gänzlich geschlossen werden.

1.2.1 Zigarettenproduktion

Die Produktion von Zigaretten erfolgt in mehreren Schritten welche hier im Überblick dargestellt werden.

Der Rohtabak wird in Ballen gepresst und zur Fabrik angeliefert, anschließend muss dieser in einem aufwendigen Verfahren weiter zu Schnittabak verarbeitet werden.¹

Hier wird der Tabak in grob- und feingerippte Blätter unterschieden. Diese Rippung hängt sehr stark von der Größe der Blätter ab. Ein großes Blatt wie zum Beispiel von der Sorte des Virginia Tabaks, welches bis zu 60cm groß werden kann, hat eine viel gröbere Struktur als jene des Orienttabaks, dessen Blatt nur wenige cm groß ist. Hier besteht bereits der erste Unterschied in der Produktion. Die feingerippten Blätter können sofort geschnitten werden, wobei die grobgerippten vorher in speziellen Maschinen entrippt werden müssen. Das heißt, dass die feinen Teile des Blattes von den groben Fasern getrennt werden. Das übrig gebliebene Gerippe muss vor einer etwaigen Weiterverarbeitung noch geschnitten und gewalzt werden. Danach kommen alle Tabakteile, wobei hier nur die Blattteile verwendet werden, wieder zusammen und werden nach einer möglichen geschmacklichen Veränderung und erneuten Anfeuchtung gewogen und zusammengemischt. Diese Mischungen werden dann für die Lagerung vorbereitet. Bevor der Tabak jedoch zum Lagern bereit ist, muss dieser getrocknet werden um die Haltbarkeit zu garantieren.¹

Zur Veranschaulichung siehe hierzu Anhang 1.

Um immer den selben Geschmack zu garantieren, werden verschiedenste Mischungen nach genauen Rezepturen angefertigt.¹

Sobald der Tabak zur Weiterverarbeitung fertig ist, wird dieser von den Trockenhallen wieder in die Fabrik überführt. Die dort vorhandenen Zigarettenmaschinen werden nun kurz dargestellt.

Grob gesagt besteht eine solche Produktionsanlage aus einer Verteilereinheit, einer Strangeinheit und einem Filteransetzer.¹

¹ <http://www.zigarettenmaschine.de/frames.html> (13.11.2007)

Verteilereinheit:

In der Verteilereinheit werden die Tabakschnitte auf ein Förderband aufgeteilt. Diese Einheit garantiert, dass der Maschine immer genug Tabak zugeführt wird. Hier wird das Material nochmals auf grobe Gerippe untersucht und wird für die nächsten Schritte auf ein Band aufgelegt. Dieser dort erzeugte, bzw. aufgelegte Strang wird dann weiter der Strangeinheit zugeführt.²

Strangeinheit:

In diesem Bereich der Maschine wird der Tabakstrang bereits in eine runde Form gebracht und das vorher bedruckte Papier wird angelegt und zusammengeklebt. Diese Verklebung erfolgt mittels eines speziellen Leimes welcher gleich anschließend mit Hilfe von Nahtheizungen getrocknet wird. Nun wird die halb fertige Zigarette mit einer aufwendigen Mechanik weiter an den Filteransetzer übergeben.²

Filteransetzer:

Hier werden spezielle Zigarettenfilter angebracht und mittels einer kleinen Banderole, welche meistens auch den Markenaufdruck trägt, befestigt. Anschließend werden die fertigen Zigaretten zur Verpackung weitergegeben.²

1.2.2 Zigarettenverpackung

Es gibt mehrere verschiedene Wege die Zigaretten der Verpackungsmaschine zuzuführen. Drei dieser Wegen werden hier kurz erläutert.

Schrage:

Die fertigen Zigaretten werden in sogenannte Schragen eingefüllt. Dies sind große Behälter welche ca. 3.000 Stück fassen. Diese Boxen werden anschließend zu einem Schragenentleerer befördert, welcher die Zigaretten an die Verpackungsmaschine abgibt.²

² <http://www.zigarettenmaschine.de/frames.html> (13.11.2007)

1:1-Kopplung:

Dies bedeutet, dass die Packmaschine direkt an die Produktionsmaschine angeschlossen ist. Die soeben gefertigten Zigaretten werden sofort verpackt. Der Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass wenn die Packmaschine ausfällt, die gesamte Produktion still steht und auch umgekehrt, wenn die Produktionsmaschine einen Ausfall hat. Dieses Verfahren wird genau aus dem hier genannten Nachteil in der Praxis so nicht mehr verwendet.³

Speicher:

Dieses System funktioniert ähnlich dem der 1:1-Kopplung, nur wird hier das Problem eines Ausfalls übergangen, indem die fertigen Zigaretten, bevor sie in die Packmaschine gelangen, in einer weiteren Maschine zwischengelagert werden. Ein solches Zwischenlager kann im Normalfall ca. 100.000 Zigaretten aufnehmen. Fällt eine der beiden Maschinen, nämlich die Produktions- oder Verpackungsanlage aus, dann muss nicht sofort die gesamte Produktion und Weiterverarbeitung stillgelegt werden weil eben genau dieses Zwischenlager existiert.³

Die einzelnen Zigarettenpackungen, wobei eine Packung im Regelfall 20 Stück Zigaretten umfasst, werden zu Stangen zusammengefasst. Eine Stange beinhaltet zehn Packungen. Diese Stangen werden für die weitere Lagerung wiederum in größere Kartons geschichtet und diese Kartons werden in große Kisten zur Weiterbeförderung oder Verwahrung gepackt.

Es ist nicht zwingend notwendig, dass eine Packung 20 Stück enthält. Mittlerweile gibt es bereits einige Marken, welche Packungen mit 25 oder 10 Stück anbieten.

1.2.3 Lagerung und Beförderung

Die nun fertigen Zigarettenpackungen werden in großen Lagern bis zur endgültigen Auslieferung deponiert. Eine Möglichkeit der Lagerung wäre ein Hochregallager. Von dort aus könnten dann die benötigten Mengen weiter an Fahrzeuge gegeben werden, welche diese dann die Waren an die verschiedenen Depots verteilen, oder direkt an die Endkunden liefern. Dies ist abhängig davon, ob es sich um ein Zentrallager handelt oder nicht.

³ <http://www.zigarettenmaschine.de/frames.html> (13.11.2007)

Existieren verschiedene Außenlager, dann werden die fertigen Produkte dorthin befördert und lagern dort weiter bis der Einzelhändler, nämlich der Trafikant, entsprechende Mengen abnimmt.

1.2.4 Verkauf

Der Zigarettenverkauf in Österreich beschränkt sich auf eigens dafür ausgewählte Trafiken. Dort besteht die Möglichkeit für den Endkonsumenten die Packungen direkt vom Trafikanten zu beziehen, oder über einen Automaten, welcher es ermöglicht, auch außerhalb der Geschäftszeiten das gewünschte Produkt zu kaufen. Durch die strengerer Gesetzte bzgl. des Mindestalters ab dem legal geraucht werden darf, nämlich 16 Jahre, mussten alle Automaten aufgerüstet werden. Die Überprüfung des Alters wird mittels einer Bankomatkarte gewährleistet. Durch Einführen dieser Karte wird das darauf gespeicherte Geburtsdatum des Käufers überprüft und einem Kauf nur dann zugestimmt, wenn das Alter mindestens 16 Jahre ist. Somit sollte verhindert werden, dass Kinder und Jugendliche unterhalb dieser Altersgrenze Zigaretten kaufen. Grundsätzlich hat auch der Trafikant bei Direktverkäufen die Verpflichtung das Alter des Käufers zu überprüfen, sofern ihm dieser unterhalb dieser Altersgrenze erscheint.

Neben den Trafikanten ist es auch Tankstellen und Gasthäusern erlaubt Zigaretten zu verkaufen. Der Preis der dort für die Ware bezahlt werden muss, liegt jedoch in jedem Fall oberhalb jenes Preises welcher in einer Tabaktrafik verlangt wird. Somit sollten die Absatzmengen der Trafik gesichert werden und die Kunden dazu bewogen werden, dass sie ihre Rauchwaren von einer Trafik beziehen. Die Zigarettenpreise innerhalb von Österreich sind in jeder Trafik gleich hoch.

1.3 Problemstellungen – Produktion bis Verkauf

Wie die oben beschriebenen Punkte bereits zeigen, ist der Prozess angefangen von der Zulieferung des Rohtabaks bis hin zum Verkauf, ein sehr langer.

Der Weg beginnend bei der Auswahl der geeigneten Lieferanten weltweit über die Zulieferung, Produktion und Lagerung, bis hin zur Auslieferung und somit auch Abgabe an den Endkunden, ist ein sehr umfassender.

Die logistischen sowie produktionstechnischen Pläne müssen somit regelmäßig überarbeitet bzw. neu gestaltet werden, um eine effiziente Bewältigung dieser Wertschöpfungskette zu garantieren.

In dieser Arbeit wird der vorletzte Schritt dieser Kette oder besser gesagt der letzte Schritt für den Tabakkonzern, nämlich die Auslieferung der Waren von den einzelnen Depots in Österreich zu den Einzelhändlern, den Tabaktrafikanten, näher betrachtet und neu überarbeitet.

Grundsätzlich handelt es sich hierbei um ein Tourenplanungsproblem, welches jedoch den besonderen Gegebenheiten und Anforderungen dieser konkreten Problemstellung angepasst werden muss.

1.4 Besondere Gegebenheiten bzw. Anforderungen

Die Belieferung der gesamten Tabaktrafiken in Österreich erfolgt ausgehend von acht Lieferlagern.

Die genauen Standorte dieser Depots befinden sich aufgeteilt auf das ganze Land:

1. Ottakring (Wien)
2. Unterwölbling (Niederösterreich)
3. Steyregg (Oberösterreich)
4. Siezenheim (Salzburg)
5. Raaba (Steiermark)
6. Klagenfurt (Kärnten)
7. Innsbruck (Tirol)
8. Koblach (Vorarlberg)

Alle dieser acht Depots werden von der zentralen Lagerstelle in Wien aus beliefert. Dieses Lager ist eines der modernsten Tabakwarenkommisionierzentren Europas. Von dort aus erfolgt nicht nur die Belieferung der Bundesländer, sondern auch deren Bedarfsermittlung.

Grundsätzlich sind die Öffnungszeiten der Trafiken gleich wie jene des normalen Einzelhandels. Das heißt dass in größeren Orten, sowie auch in allen Städten, die Geschäftslokale von Montag bis Freitag jeweils von morgens bis abends geöffnet sind, am Samstag schließen die meisten bereits früher. Nur mehr sehr wenige

Verkaufslokale schließen über mittags und diese befinden sich grundsätzlich in eher ländlichen Gebieten.

Zeitfenster sind eine sehr wichtige Bedingung in der Tourenplanung. Dies bedeutet, dass die Anlieferung nur innerhalb von bestimmten Zeiten möglich ist.

In dieser Diplomarbeit wurden diese Zeitfenster jedoch außer Acht gelassen, da, wie bereits oben erwähnt, die Öffnungszeiten grundsätzlich kaum eingeschränkt sind. Wenn man nun die Touren, welche geplant werden, so beginnen lässt, dass der Fahrer die erste Trafik erreicht, sobald diese öffnet, dann haben die restlichen folgenden auch bereits geöffnet sobald dieser dort eintrifft.

Fahrer die nur am Land unterwegs sind haben so oder so kaum bis gar keine Möglichkeit die Trafiken mittags zu beliefern, da zu dieser Zeit alle geschlossen haben. Somit sind auch dort die Zeitfenster nicht notwendig, da keine Trafik während der Mittagszeit beliefert werden kann.

Sobald man von Tourenplanung spricht, ist die Tourlänge eine wichtiges Stichwort. Die Tourlänge beschreibt den Weg oder die Dauer, welche von der Abfahrt vom Depot bis zur Rückkehr zu dem selben Standort gemessen werden kann. In sehr vielen Tourenplanungsproblemen stellt die Tourlänge eine wichtige Beschränkung dar, das heißt, dass sobald eine vorgegebene maximale Tourlänge erreicht bzw. überschritten wird, die Tour beendet werden muss.

Dies ist auch in dieser Arbeit das Abbruchkriterium. Eine genauere Ausführung hierzu siehe jedoch Punkt 4.4 Pseudocode.

Für jedes der oben genannten Lieferlager steht ein Fuhrpark zur Verfügung. Die einzelnen Fahrzeuge sind nicht identisch miteinander, das heißt, das Fassungsvermögen der einzelnen LKWs ist nicht das selbe. Hier handelt es sich um eine heterogene Flotte.

2. Allgemeines zur Tourenplanung

Der Begriff Tour stammt aus dem französischen und bedeutet soviel wie Rundreise.

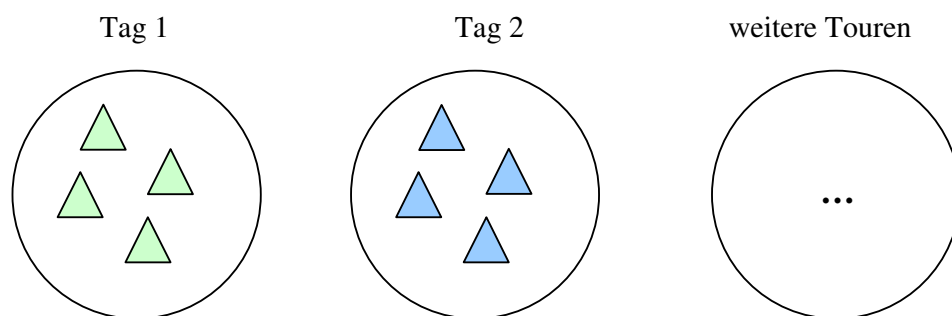
Grundsätzlich versteht man darunter eine Veränderung des Ortes innerhalb eines größeren Radius. Eine solche Veränderung des Standpunktes ist mit einer Bewegung verbunden, wobei der Ausgangspunkt sowie der Zielort der selbe sind.⁴

Eine Tourenplanung kommt immer dann zum Einsatz, wenn ein Auftrag an mehreren Stellen bzw. Kunden zu erbringen ist. Ein Auftrag könnte z.B. das Ausliefern von Gütern sein. Natürlich sind auch Dienstleistungen betroffen, welche direkt beim Kunden erbracht werden müssen. Also immer dann, wenn innerhalb eines Zeitraums mehrere geographisch voneinander getrennte Stellen nacheinander abgearbeitet werden müssen.

Das Problem hierbei liegt darin, eine möglichst gute Anordnung bzw. Reihenfolge dieser Stellen zu finden. Möglichst gut heißt, dass der Zielfunktionswert so gering als möglich gehalten werden sollte. Als Zielfunktion kann man mehrere Aspekte betrachten. Denkbar wäre z.B. die Kosten zu minimieren wozu auch die Anzahl der verwendeten Fahrzeuge gezählt werden kann, oder auch die Kilometer bzw. Fahrzeit niedrig zu halten.

2.1 Periodisches Vehicle Routing Problem

Bei der normalen Tourenplanung werden die zu fahrenden Routen für jeden Tag geplant. Hier hat man bereits die genaue Information darüber, welcher Kunde an welchem Tag angefahren werden sollte, das heißt, die erste Tour für den Tag 1 wird nur über die grünen Kunden gebildet. Die Tour bzw. Touren für den zweiten Tag werden von vorne herein nur über die blauen Kunden gebildet usw.

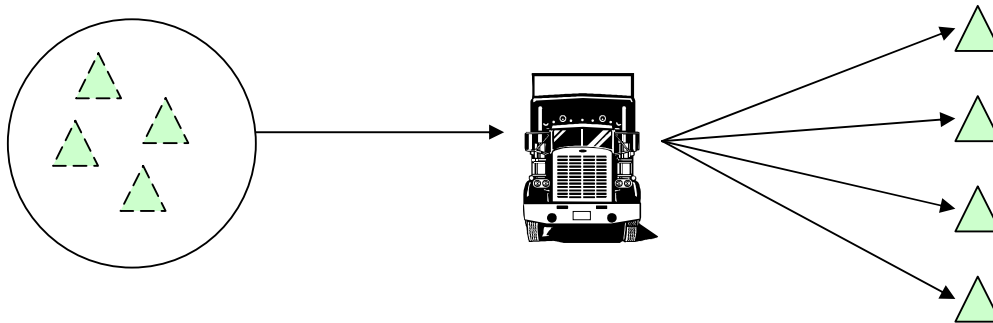


⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Tour> (13.11.2007)

Tag 1:

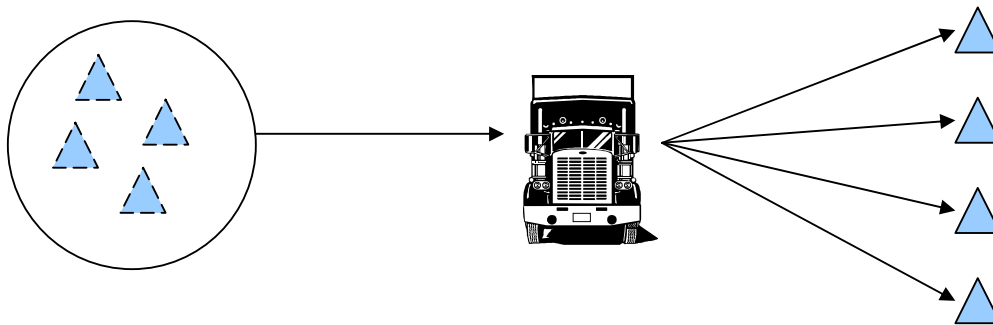
Vor der Auslieferung wird alles für die Kunden kommissioniert, welche an dem Tag 1 beliefert werden und anschließend in den LKW geladen.

Die Auslieferung erfolgt zu den entsprechenden Kunden.

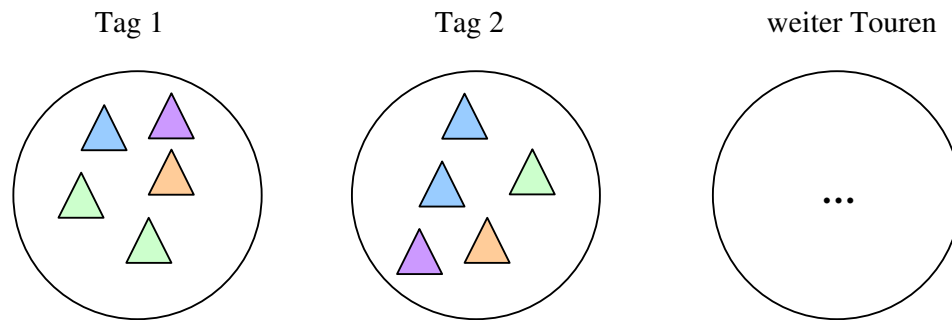


Tag 2:

Hier geschieht wieder genau das selbe. Die Information, welcher Kunde an welchem Tag beliefert werden sollte, ist bereits vor der Planung der Touren bekannt. Man kann also bereits vorher sagen, welche Kunden genau für den Tag 2 eingeplant werden müssen.



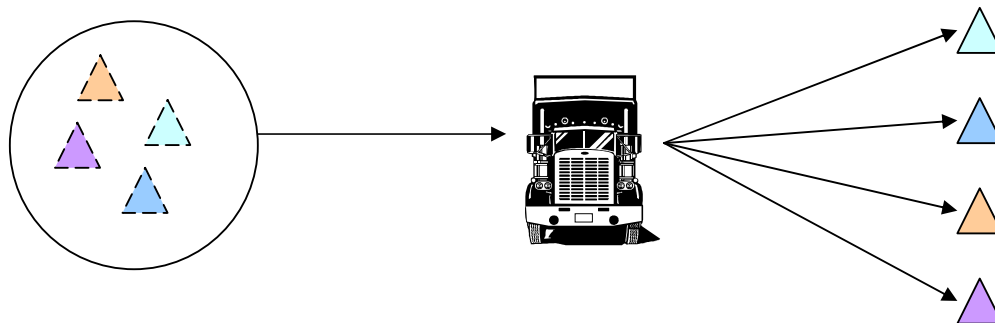
Beim periodischen Tourenplanungsproblem ist noch nicht im Vorhinein bekannt, welcher Kunde an welchem Tag beliefert werden sollte. Der Name kommt daher, dass die geplanten Touren nach einer gewissen Periode immer wieder Wiederholt werden. Die Kunden haben zu Beginn noch keinen fixen Tag, an welchen sie beliefert werden. Dies wird erst innerhalb der Berechnung festgelegt. Fix ist lediglich, dass die Kunden innerhalb der Periode besucht werden müssen, an welchem Tag dies geschieht ist grundsätzlich egal, darum kann man die Kunden nicht schon zu Beginn exakten Tagen zuordnen.



Die Zuordnung der Kunden zu den einzelnen Tagen kann entweder zu 100 Prozent zufällig getroffen werden, durch Verwenden von bereits vorgefertigten Mustern zumindest ein gewisser Einfluss miteingebracht werden, oder es besteht natürlich auch die Möglichkeit die einzelnen Kunden willkürlich auf die verschiedenen Tage aufzuteilen, somit würde jegliche Zufälligkeit wegfallen wobei dies dann schon wieder zu den fixen Zuteilungen, wie oben beschrieben, eingeordnet werden kann. Die Entscheidung, wie die Einteilung erfolgen sollte hängt sehr stark von der Problemstellung selbst ab.

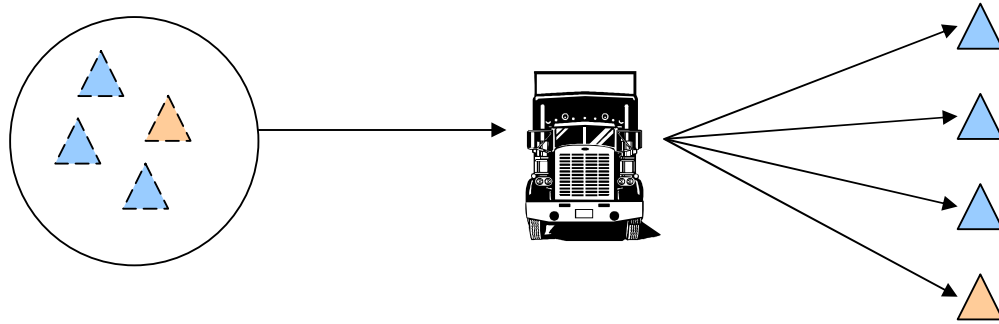
Tag 1:

Hier werden Kunden zusammen an einem Tag beliefert, die vielleicht bei einer neuerlichen Berechnung nicht gemeinsam beliefert werden würden. Hier können alle nur möglichen Varianten gefunden werden.



Tag 2:

Wenn die Zuteilung nicht gänzlich zufällig passiert, dann wäre es denkbar, dass gewisse Kunden aus irgendwelchen Gründen immer nur gemeinsam beliefert werden können und somit bleibt der Belieferungstag beinahe unberührt. Über die bis zu einem gewissen Grad fixierten Kunden wird somit eine Tour geplant.



Das Problem welches in dieser Diplomarbeit behandelt wird, zeigt eine periodische Tourenplanung, bei welchem die Besuchstage zu 100 Prozent zufällig zugeteilt werden. Die Perioden wiederholen sich in einem zweiwöchigem Intervall, oder besser gesagt in einem 10-tägigen Intervall, da an Samstagen und Sonntagen keine Belieferung statt findet.

Da man bei einer zufälligen Zuteilung wahrscheinlich nicht bereits beim ersten Versuch eine gute bzw. die beste Aufteilung der Kunden zu den Tagen findet, ist es sinnvoll diese Zuweisungen öfters zu Wiederholen und die Berechnung dann jeweils mit den neuen Aufteilungen durchzuführen. Somit können einige verschiedene Varianten durchprobiert werden.

Auch bei diesem periodischen vehicle routing problem ist das Ziel das selbe wie bei den meisten anderen, nämlich die Minimierung der Kosten. Darunter versteht man hier nicht nur die Minimierung der Fahrzeit, welche zurückgelegt werden muss, sondern auch die Anzahl an verwendeten Kraftfahrzeugen. Um diese Messzahl vergleichen zu können, werden die gesamten Fahrzeiten der zehn Tage, sowie die verwendeten Fahrzeuge gemeinsam erfasst und mit den verschiedenen Durchläufen verglichen.

Es existiert eigentlich nur eine einzige Nebenbedingung, nämlich dass eine geplante Tour nicht länger als acht Stunden dauern darf.

Zu den genaueren Beschreibungen hierzu siehe Punkt 4.2.1 Grundsätzliches zur Problemstellung.

2.2 Heuristiken für die Tourenplanung

Unter einer Heuristik versteht man die Lösung von komplexen Problemstellungen welche jedoch keine exakte Methode ist. Heuristiken dienen der vereinfachten Berechnung der Aufgabenstellung. In vielen Fällen wäre es gar nicht möglich, bzw. nicht unter annehmbaren zeitlichen Bedingungen, das Problem exakt zu lösen. Diese Methoden bieten eine recht gute Lösungsgüte. Die Rechenzeiten sind dabei relativ gering. Klassische Heuristiken werden sehr oft für verschiedenste Softwarepakete verwendet und können sehr gut auf die Probleme, welche gelöst werden sollten, angepasst werden.

2.3 Klassische Heuristiken für das vehicle routing problem

Grundsätzlich können diese Heuristiken in zwei verschiedene Klassen unterteilt werden. Auf der einen Seite findet man die klassischen Heuristiken, wobei hier die meisten zwischen 1960 und 1990 entwickelt wurden, und auf der anderen Seite gibt es die Metaheuristiken welche erst in letzter Zeit einen großen Aufschwung erlebten.⁵

2.4 Klassische Heuristiken

Die klassischen Heuristiken können nun wiederum in drei Kategorien unterteilt werden:

1. Konstruktive Heuristiken
2. Zwei-Phasen Heuristiken
 - Cluster first – route second
 - Route first – cluster second
3. Verbesserungsmethoden⁵

2.4.1 Konstruktive Heuristiken

⁵ Toth, P., Vigo, D.: Classical Heuristics for the Capacitated VRP, in: *siam, The Vehicle Routing Problem*, P. Hammer (Ed.), pp. 109 – 110, 2002.

Es geht hauptsächlich darum, eine zulässige Lösung zu finden. Es wird zwar auf die Lösungsgüte geachtet, im Vordergrund steht jedoch eine zulässige Lösung zu finden. Als Beispiel für eine konstruktive Heuristik könnte der Savingsalgorithmus nach Clarke and Wright genannt werden.⁵

2.4.2 Zwei-Phasen Heuristiken

Hierbei kann wiederum unter cluster first – route second und route first – cluster second unterschieden werden.⁶

Was bedeutet Clustering?

Unter Clustering versteht man bei der Tourenplanung die Zuteilung der einzelnen Standorte zu den Depots.

Das Clustering wird dann benötigt, wenn es mehrere Depots gibt. Wenn man nur eine Lagerstätte besitzt, dann werden automatisch alle Kunden von diesem Standpunkt aus beliefert.

In diesem konkreten Fall würde das bedeuten, dass jede Tabaktrafik einem Lieferlager zugeordnet wird. Dies ist bereits eine wichtige Entscheidung bei einem solchen Tourenplanungsproblem. Es ist natürlich wichtig und sinnvoll die Standorte dem nächstgelegenen Depot zuzuschreiben wobei man etwaige Kapazitätsbeschränkungen nicht außer Acht lassen darf. Wenn ein Depot bereits voll ausgelastet ist, und ein neuer Kunde aufgenommen wird, dann kann er von diesem Depot aus nicht mehr beliefert werden, sondern muss einem andern zugeordnet werden. Es wäre natürlich auch denkbar, einen Kunden von der bereits ausgelasteten Niederlassung abziehen und einem anderen Depot zu übergeben. Somit würden möglicherweise genügend Kapazitäten für den neuen Kunden entstehen und dieser könnte für das entsprechende Depot eingeplant werden.

Eine andere Möglichkeit wie man Clustering noch verstehen könnte, wäre jene der Zuordnung der einzelnen Standorte zu den Routen. Oben wurde beschrieben, dass die Standorte den Depots zugeordnet werden und darüber dann die verschiedenen

⁶ Toth, P., Vigo, D.: Classical Heuristics for the Capacitated VRP, in: siam, The Vehicle Routing Problem, P. Hammer (Ed.), pp. 109 – 110, 2002.

Touren geplant werden müssen. Diese Cluster sind sehr groß und beinhalten eine Vielzahl an Standorten. In diesem Fall werden aus den großen Clustern viele verschiedenen kleine Touren oder Routen gebildet. Hier könnte man aber auch sagen, dass die Standorte zu Routen geclustert werden, und dann ein kürzester Weg über diese gebildet wird. Somit würde aus einem dieser kleinen Cluster nur eine Tour hervorgehen welche genau die Kunden beinhaltet, welche zu diesen Clustern hinzugefügt bzw. zusammengefasst wurden. Dies würde bedeuten, dass die großen Gruppen, wie oben beschrieben, nochmals zu kleinen Untergruppen hinuntergebrochen werden und sehr viele kleine Einzelprobleme entstehen würden welche dann mit einem kürzesten Wege Verfahren gelöst werden könnten.

Was versteht man unter Routing?

Das Routing erfolgt dann innerhalb dieser vorher gebildeten Cluster. Hierbei wird die Reihenfolge festgelegt, in welcher die Kunden angefahren werden sollten.

In sehr vielen dieser Tourenplanungsprobleme ist von einem Depot die Rede. Unter einem Depot kann man einen Lagerort oder eine Zentrale verstehen, von wo aus die einzelnen Fahrzeuge aus starten und nach der Tour auch wieder zurückkehren. Stehen mehrere solcher Depots zur Verfügung, dann wird im Clustering bereits festgelegt, welcher Kunde von welchem Depot aus angefahren wird. Grundsätzlich steht jedem Depot eine begrenzte Anzahl an Fahrzeugen zur Verfügung, für welche dann die einzelnen Touren geplant werden. Einem Fahrzeug kann dann täglich entweder eine Tour, oder mehrere zugeteilt werden. Um mehrere Touren handelt es sich dann, wenn das Kraftfahrzeug zwischendurch wieder in das Lager zurückkehren muss. Ein denkbarer Grund für das Zurückkehren könnte eine erneute Aufladung bzw. Abholung von Gütern sein, da jedes Fahrzeug nur eine begrenzte Kapazität hat, um Gegenstände aufzuladen. Anders betrachtet könnte man aber von einem Abladen der vorher eingesammelten Güter oder Waren reden. Ein mögliches Beispiel hierfür wäre die Müllabfuhr. Beim Verlassen des Depots ist das Fahrzeug leer. Wenn soviel Müll eingesammelt wurde, dass das Fahrzeug voll ist, kehrt es wieder zurück zum Depot und wird dort entladen.

In der Realität gibt es nahezu unzählige Restriktionen die miteinbezogen werden müssen bzw. denkbar wären. Möglich wäre hier eine Bevorzugung von einzelnen Kunden. Auch die Kapazitäten der Kraftfahrzeuge sind nicht bei jedem Fuhrpark

immer die selben. In sehr vielen Fällen müssen vorgegebene Zeitfenster eingehalten werden, d.h. dass die Ankunft und auch die Abfahrt des Fahrzeuges bei einem Kunden innerhalb einer gewissen Zeit vollbracht werden muss.

Von einer dynamischen Tourenplanung spricht man dann, wenn sich die Standorte oder die zu beliefernden Stellen während der Planung immer wieder ändern z.B. aufgrund von Stornierungen oder auch neu hinzugekommenen Aufträgen. Dieser dynamische Aspekt verkompliziert die Tourenplanung natürlich enorm.

In dieser konkreten Berechnung handelt es sich jedoch nicht um ein solches dynamisches Tourenplanungsproblem. Hier werden immer wieder die selben Standorte beliefert. Natürlich gibt es auch hin und wieder Änderungen, diese sind jedoch nicht signifikant.

Cluster first – route second:

Hierbei werden die einzelnen Standorte zuerst zu zulässigen Gruppen zusammengefasst und anschließend wird für jedes Cluster die Route geplant. Hier wäre z.B. der Fisher and Jaikumar Algorithmus zu nennen.⁷

Route first – cluster second:

Es wird über alle Standorte eine große Tour gebildet. Anschließend wird diese Riesentour aufgeteilt in einzelne kleine zulässige Touren. Zum ersten mal wurde diese Möglichkeit von Beasley genauer untersucht.⁷

2.4.3 Verbesserungsmethoden

Wie der Name bereits sagt, wird hier versucht die Lösungsgüte zu verbessern. Dies geschieht auf dem Weg, dass die einzelnen Standpunkte innerhalb der eigenen Tour vertauscht werden, oder aber auch Vertauschungen zwischen den verschiedenen Touren vollzogen werden.⁷

Als Beispiel könnte hier ein 2-opt Verfahren genannt werden.

⁷ Toth, P., Vigo, D.: Classical Heuristics for the Capacitated VRP, in: siam, The Vehicle Routing Problem, P. Hammer (Ed.), pp. 109 – 110, 2002.

Die meisten VRP Heuristiken sind so ausgerichtet, dass sowohl Kapazitätsrestriktionen als auch Beschränkungen der Tourenlängen eingebaut sind. Die Heuristiken mit den Kapazitätsrestriktionen werden capacitated vehicle routing problems (CVREPs) genannt. Die VRPs mit den Tourenlängenbeschränkungen werden distance-constrained capacitated vehicle routing problems (DCVRPs) genannt.

Die meisten Heuristiken arbeiten mit einer unbestimmten Anzahl an Fahrzeugen bzw. Touren.⁸

2.5 Metaheuristiken

Die Bezeichnung Metaheuristik stammt von den griechischen Wörtern heuristikein und meta ab, wobei heuristikein soviel wie ‚finden‘ bedeutet und meta eine Präposition bezeichnet, welche in Bezug auf örtliche Belangen mit ‚mitten (hinein)‘ übersetzt werden kann.⁹

Eine Metaheuristik ist ein Algorithmus welcher für eine näherungsweise Lösung von kombinatorischen Optimierungsproblemen verwendet wird.

Unter kombinatorischer Optimierung versteht man das bilden von kleineren Teilmengen ausgehend von einer großen Menge. Diese Teilmengen müssen genau definierte Nebenbedingungen erfüllen und der Zielfunktionswert wird so gering als möglich gehalten.¹⁰

Grundsätzlich werden Metaheuristiken bei schweren kombinatorischen Optimierungsproblemen eingesetzt. Es ist jedoch nicht garantiert, dass die angewandte Metaheuristik eine optimale Lösung findet. Die Lösungsgüte hängt sehr stark von der Definition und Implementierung der einzelnen Schritte ab.¹⁰

Typischerweise bestehen die Metaheuristiken aus drei verschiedenen Schritten:

1. Nachbarschaftssuche

⁸ Toth, P., Vigo, D.: Classical Heuristics for the Capacitated VRP, in: *siam, The Vehicle Routing Problem*, P. Hammer (Ed.), pp. 109 – 110, 2002.

⁹ http://de.wikipedia.org/wiki/Altgriechische_Pr%C3%A4positionen (13.11.2007)

¹⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Kombinatorische_Optimierung (13.11.2007)

2. Erinnerung
3. Rekombinationen der Ergebnisse

Die Lösungsgüte der Metaheuristiken im Vergleich zu den klassischen Heuristiken ist um einiges besser, der Nachteil jedoch ist, dass die Rechenzeiten sehr viel höher ausfallen als jene bei den klassischen Heuristiken. Zusätzlich müssen bei den Metaheuristiken die Parameter sehr fein aufeinander abgestimmt werden um ein gutes Ergebnis zu erlangen. Dies macht es natürlich sehr schwierig die Heuristik auf das jeweils entsprechende Problem abzustimmen.¹¹

In den letzten Jahren wurden einige Metaheuristiken zu Lösung von VRPs entwickelt. In einigen lassen sich auch die klassischen Konstruktionsheuristiken sowie Verbesserungsheuristiken wieder finden. Die Besonderheit bei den Metaheuristiken ist, dass sie teilweise auch unzulässige Lösungen kurzzeitig zulassen um ein neues Minimum zu finden. Diese speziell für die VRPs entwickelten Metaheuristiken liefern ein sehr gutes Ergebnis. Der Nachteil ist jedoch, dass sie sehr zeitintensiv während der Berechnung sind.

Grundsätzlich können die Metaheuristiken in sechs unterschiedliche Gruppen unterteilt werden:

1. Simulated Annealing
2. Deterministic Annealing
3. Tabu Search
4. Genetic Algorithms (genetische Algorithmen)
5. Ant Systems (Ameisensysteme)
6. Neural Networks¹¹

In den ersten drei genannten Fällen geht man von einer Startlösung aus. Diese wird dann verändert, indem man den neuen Lösungsraum in die Nachbarschaften verlegt. Dieses Verlagern findet iterationsweise statt. Dies wird so lange gemacht, bis ein bestimmtes Kriterium erfüllt wird.¹¹

¹¹ Toth, P., Vigo, D.: Classical Heuristics for the Capacitated VRP, in: *siam, The Vehicle Routing Problem*, P. Hammer (Ed.), pp. 109 – 110, 2002.

Das Simulated Annealing wird für komplexe Problemstellungen verwendet. Grundsätzlich folgt dieser Ansatz einer Nachbildung eines Abkühlprozesses, daher auch der Name, welcher übersetzt so viel wie ‚simulierte Abkühlung‘ bedeutet. Nachdem ein Metall erhitzt wurde, hat es Zeit um sich langsam abzukühlen. Während dieser Abkühlphase werden die einzelnen Moleküle wieder zu stabilen Kristalle zusammengesetzt. Durch diesen Vorgang wird ein energieärmerer Zustand erzeugt, welcher nahe am Optimum liegt. Auf das Optimierungsproblem übertragen, kann das bedeuten, dass die Temperatur eine Akzeptanzschwelle beschreibt, welche für ein Zwischenergebnis auch unterschritten werden darf, und somit eine Verschlechterung in Kauf genommen wird.¹²

Das Deterministic Annealing ist ähnlich dem Simulated Annealing nur wird hier eine deterministische Regel eingeführt. Nur unter Einhaltung dieser Regel darf eine Veränderung vorgenommen werden.¹³

Der Tabu Search Algorithmus wurde von Fred Glover erfunden und seither regelmäßig weiterentwickelt.

Um Wiederholungen und Zyklen zu vermeiden, wird bei dieser Berechnung eine Liste mitgeführt, die sogenannte Tabu Liste. Innerhalb dieser Tabu Liste wird abgespeichert, welche Schritte bzw. Lösungen während der Berechnung bereits gefunden wurden. Diese dürfen dann für eine gewisse Anzahl an Iterationen nicht mehr oder möglicherweise nur unter Einhaltung eines gewissen Kriteriums, verwendet werden.

Ein anderer Ansatz der Tabu Suche wäre, dass für eine ausgewählte Iterationsdauer gewisse Teilbereiche nicht verändert werden dürfen.¹⁴

Bei den genetischen Algorithmen wird in jedem Schritt eine ganze Population an Lösungsmöglichkeiten betrachtet. Von jeder einzelnen dieser Populationen wird das beste Element abgeleitet und das schlechteste wird verworfen.¹⁴

¹² http://de.wikipedia.org/wiki/Simulierte_Abk%C3%BChlung (13.11.2007)

¹³ Cordeau J.F, Laporte G.: Modeling and Optimization of Vehicle Routing and Arc Routing Problems, Canada Research Chair in Distribution Management and GERAD HEC Montreal, 2003

¹⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Tabu-Suche> (13.11.2007)

Die Ameisensysteme haben einen konstruktiven Ansatz. Innerhalb jeder Iteration werden mehrere neue Lösungen generiert, wobei einige Informationen aus vorhergehenden Lösungen miteinbezogen werden. Wie der Name hier bereits besagt, wurde die Grundidee von den in der Natur lebenden Ameisen abgeschaut.¹⁵

Neural Networks profitieren von einem Lernprozess. Hier werden stufenweise immer feinere Abstimmungen gefunden, bis letztendlich eine zufriedenstellende Lösung erreicht wird.¹⁵

3. Der Savingsalgorithmus

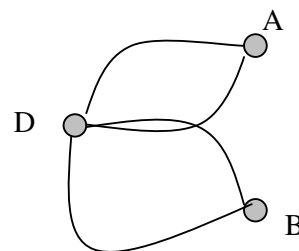
Die Problemstellung dieser Diplomarbeit wurde mit Anwendung des Savingsalgorithmus gelöst.

Nach Clarke und Wright (Heuristik)

Dies ist die beste konstruktive Heuristik für ein vehicle routing problem (VRP) und ist auch die bekannteste Methode um ein vehicle routing problem zu lösen. In diesem Algorithmus ist die Anzahl an Fahrzeugen die eigentliche Entscheidungsvariable. Dieser Algorithmus kann sowohl für gerichtete als auch für ungerichtete Probleme verwendet werden.

Zunächst geht man davon aus, dass sich jeder Kunde auf einer separaten Tour befindet. Diese Ausgangssituation wird Pendeltour genannt.

=> Pendeltour



¹⁵ Toth, P., Vigo, D.: Metaheuristics for the Capacitated VRP, in: *siam, The Vehicle Routing Problem*, P. Hammer (Ed.), pp. 129 – 130, 2002.

Es wird für jedes einzelne Kundenpaar errechnet, wie viel man sich an Weg bzw. an Zeit erspart, wenn man dieses Kundenpaar zusammen auf eine Strecke legen würde.

Beispiel:

Wie oben in der Zeichnung beschrieben, könnten hier die Kunden A und B hintereinander angefahren werden. Die neue Tour wäre hier

D – A – B – D anstatt den zwei Touren D – A – D und D – B – D.

Die Länge der Pendeltouren wäre hier die Summe der Distanzen der zwei Touren.

Dies bedeutet:

$$\text{Tourlänge} = c_{DA} + c_{AD} + c_{DB} + c_{BD}$$

wobei c_{ij} die Kosten bzw. Distanzen von i nach j beschreibt

Die Länge der zusammenhängenden Tour ist jedoch nur:

$$\text{Tourlänge} = c_{DA} + c_{AB} + c_{BD}$$

Somit ergibt sich eine Ersparnis von

$$s_{AB} = c_{AD} + c_{DB} - c_{AB}$$

Das heißt also, dass man sich den Weg von A zu D sowie von D zu B erspart. Auf der anderen Seite aber müssen die Kosten von A nach B hier eingerechnet werden.

Diese beschriebene Ersparnis wird Savingswert genannt. Die Kosten von A nach B werden abgezogen, da es sich beim Ergebnis um eine Einsparung handelt, und dieser Weg Kosten verursacht und somit die Einsparung verringert wird.

Je höher dieser so genannte Savingswert ist, desto mehr kann eingespart werden. Wird also so eine Tour angenommen und der Pendeltour vorgezogen, wird der gesamte Zielfunktionswert um den Savingswert verringert.

Um die einzelnen Kundenpaare zu betrachten ist es sinnvoll, die berechneten Savingswerte in absteigender Reihenfolge zu sortieren. Das Paar, welches danach an erster Stelle steht, bewirkt die größte Einsparung und sollte somit als erstes Verbunden werden. Erreichen die Savingswerte einen negativen Wert, dann wird abgebrochen, denn dann würde das bedeuten, dass man Kosten verursacht, wenn man diese Kunden zusammen legen würde.

Im Savingsalgorithmus werden diese Paare nacheinander abgearbeitet. Natürlich wird es nach einigen Zusammenlegungen von Kunden dazu kommen, dass einer bzw. beide Kunden bereits in eine Tour eingeplant sind. Hier entsteht dann der Fall,

dass zwei Touren, bei welchen zumindest eine keine Pendeltour mehr ist, zusammengelegt werden sollten. Dies ist ja auch Sinn und Zweck dieser Heuristik, denn man möchte ja so viele wie möglich Kunden auf einer Tour haben, um so wenige wie nur möglich Touren zu errechnen bzw. auch die Distanzen bzw. Kosten zu minimieren.

3.1 Was ist notwendig um zwei erstellte Touren zusammen zu legen

- positiver Savingswert:
nur dann, wenn der Savingswert größer als Null ist, kann eine Ersparnis erzielt werden. Ist der Savingswert kleiner als Null, dann bedeutet das, dass es sinnvoller ist, diese Pendeltouren oder Touren nicht zusammen zu fassen
- erste oder letzte Stelle innerhalb einer Tour:
das sollte bedeuten, dass die Kunden, welche zusammengeführt werden sollten, nicht schon innerhalb einer Tour sein dürfen. Innerhalb bedeutet hier, dass sie nicht direkt nach dem Depot bzw. als letzter Kunde vor dem Depot angefahren werden dürfen. Dieser Fall ist klar, da man natürlich eine Tour nicht mehr auseinander reißen darf. Alles was bereits eingeplant wurde, bleibt auch dort.

Beispiel:

Angenommen es bestehen bereits zwei angefangene Touren, nämlich:
 $D - A - B - D$ sowie $D - C - E - D$

Wäre der nächst größte Savingswert $B - C$ dann könnten diese zwei Touren zu einer zusammen gefasst werden. Danach würde die neue Tour wie folgt aussehen:

$D - A - B - C - E - D$

unter der Voraussetzung, dass die nachfolgenden Punkte auch erfüllt sind. Man muss auch darauf achten, dass zwei Touren nur dann zu einer zusammen geschlossen werden können, wenn einer des Kundenpaares am Anfang der einen Tour und der andere am Ende der anderen Tour liegt. Ansonsten würde das ja gar nicht möglich sein. Dies ist jedoch nur so, wenn es sich bei den Distanzen um ein nicht symmetrisches Problem handelt. Zur Vereinfachung jedoch ist es möglich mit einer symmetrischen Matrix zu arbeiten, dann wäre das Umdrehen von Touren kein Problem. Es wäre dann

möglich zwei Touren miteinander zu verbinden, auch wenn beide Kunden am Anfang oder am Ende der Tour sein würden. In diesem konkreten Fall handelt es sich um eine asymmetrische Distanzmatrix.

- **Kapazitätsrestriktion Q:**
logischerweise müssen Kapazitätsrestriktionen eingehalten werden, ansonsten könnte man die Touren unendlich lange machen. Diese Restriktion besagt, dass das räumliche Fassungsvermögen des Fahrzeuges nicht überschritten werden darf. In so einem Fall dürften die Touren nur dann zusammen gelegt werden, wenn die bereits verbrauchte Kapazität für die erste Tour plus die noch benötigte Kapazität für die zweite Tour, das gesamte Fassungsvermögen des Lastkraftwagens Q nicht überschreitet. Nur wenn dies der Fall ist, dann dürfen die Touren, egal ob bereits mehrere Kunden darin enthalten sind, oder es sich um eine Pendeltour handelt, zusammen geführt werden.
- **Maximale Tourlänge T:**
die gesamte Tourlänge, egal ob es sich um eine zeitliche Beschränkung oder um eine Distanzbeschränkung handelt, darf nicht überschritten werden. Werden also zwei Touren verknüpft dann muss die Gesamtlänge kleiner oder gleich der vorgegebenen maximalen Tourlänge T sein. Ansonsten ist eine solche Verbindung nicht möglich.

Wird eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, dann wird eine neue Tour eröffnet und der entsprechende Kunde bekommt eine eigene Tour, bzw. ist eine Zusammenführung von zwei Touren nicht möglich, wird zum nächsten Savingswert übergegangen, da das Kundenpaar ja bereits eingeplant ist, und nicht mehr auf eine neue Tour geplant werden muss bzw. darf.

Das Ende des Savingsalgorithmus ist erreicht, wenn es keine positiven Savingswerte mehr gibt. Denn in so einem Fall wäre es ja nicht mehr möglich eine Einsparung durch eine Verbindung zu erzielen da eine Zusammenlegung auf eine Tour nur noch Kosten verursachen würde.

3.2 Einordnung in die klassischen Heuristiken

Der hier verwendete und oben beschriebene Savingsalgorithmus gehört zur Klasse der klassischen Konstruktionsheuristiken. Konstruktionsheuristik aus dem Grund, da dies nur eine zulässige Ausgangslösung bereitstellt und hier keine weiteren Verbesserungsschritte angehängt werden. Es wäre natürlich möglich die Lösung dann mit einer Verbesserungsheuristik noch weiter zu bearbeiten.

4. Tourenplanung im konkreten Fall

In diesem konkreten Fall, nämlich der Belieferung der Tabaktrafiken in ganz Österreich, wird von mehreren Depots aus beliefert. Es wäre natürlich nur schwer möglich und wahrscheinlich auch nicht sehr sinnvoll die Belieferung für ein ganzes Land von nur einem Standpunkt aus zu bewältigen.

Insgesamt sollten alle Kunden von acht verschiedenen Standorten aus angefahren werden. Das Clustering wurde bereits gemacht. Sobald eine neue Tabaktrafik eröffnet wird, wird diese einem der acht Lieferlager zugeteilt. Grundsätzlich ist das zu Beginn ausgewählte Depot dann auch immer für diesen Kunden zuständig. Da die Kunden bzw. deren Standorte für gewöhnlich gleich bleiben, und neue sowie aufgelassene Geschäfte normalerweise schon im Voraus bekannt sind, handelt es sich hier nicht um eine dynamische Tourenplanung. Dieser Aspekt bedeutet jedoch nicht, dass die Touren für immer gleich bleiben. Nach einer gewissen Zeit, oder besser gesagt nach einer gewissen Anzahl von Änderungen von Standorten, sollten die Touren wieder neu berechnet werden. Auch wenn sich die Niederlassung eines der Depots ändert, ist es jedenfalls ratsam, die Touren neu zu gestalten, da dies doch eine große Veränderung der Distanzen mit sich bringen kann.

Da das Clustering bereits geschehen ist, wird in diesem Problem sofort zum Routing übergegangen. Für jedes Lieferlager mit den dazugehörigen Kunden werden die verschiedenen Touren berechnet.

4.1 Konkrete Problemstellung

Wie oben bereits beschrieben, ist die Anzahl der Fahrzeuge die Entscheidungsvariable. Da im konkreten Problem jedoch die Anzahl an zur

Verfügung stehenden Fahrzeugen bereits vorgegeben ist, wurden die zuviel verbrauchten LKWs als extern zu beliefernde Kunden angesehen. In den Zielfunktionswert wurde jedoch eine Pönale eingerechnet, welche immer dann zu greifen begann, wenn zu viele Fahrzeuge verbraucht wurden. Somit sollte verhindert werden, dass die Anzahl an verwendeten Wägen im Algorithmus die Anzahl an möglichen Touren nicht überschreitet. Dies war jedoch nicht in jedem Fall möglich, da ansonsten keine zulässige Lösung gefunden werden hätte könnte.

Zusätzlich zu dieser Pönale, wurde ein kleiner Aufschlag für jeden verbrauchten LKW mit eingerechnet. Diese Vorgehensweise kommt jedoch immer auf den gewünschten Effekt an. Das Ziel hier sollte nicht nur die Minimierung der gesamten Fahrzeit sein, sondern auch so wenig als möglich LKW-Tage einzuplanen, da dies ja wiederum zusätzliche Kosten bedeutet.

Der verwendete Algorithmus wurde für ein gerichtetes Problem ausgerichtet. Das heißt, dass die Distanzen von i nach j ungleich den Distanzen von j nach i waren. Dies wiederum heißt, dass die Distanzmatrizen asymmetrisch sind.

4.2 Konkreter Lösungsansatz

4.2.1 Grundsätzliches zur Problemstellung

Die Kunden werden in 14-tägigen Intervallen beliefert. D.h. es muss eine zweiwöchige Tourenplanung berechnet werden welche sich dann immer wieder wiederholt.

Bei der Belieferung der Kunden muss unterschieden werden, ob ein Trafikant einmal, zweimal, dreimal oder sogar viermal innerhalb dieses Intervalls angefahren werden muss. Diese unterschiedliche Anzahl an Belieferungen resultiert aus der Tatsache, dass das Lager einer Trafik grundsätzlich sehr klein ist, somit muss öfter nachbestellt werden. Ein anderer Grund ist natürlich der Absatz. Nicht jede Trafik verkauft gleich viel Ware. Eine Verkaufsstelle welche ein höheres Absatzvolumen hat, muss öfter angefahren werden. Diese Anzahl an Belieferungen ist für jeden Kunden fix und verändert sich nicht. Kunden welche unregelmäßig bestellen, werden nicht in die Tourenplanung miteinbezogen. Diese werden bei Bedarf auf einem anderem Weg versorgt.

Braucht ein Trafikant mehr Ware als eingeplant, dann besteht jederzeit die Möglichkeit in sein Lieferlager zu fahren und dort die Ware selbständig einzukaufen, welche noch benötigt wird.

Diese Problemstellung zeigt ein periodisches vehicle routing problem (VRP). Periodisch darum, weil die Touren für mehrere Perioden berechnet werden müssen. Insgesamt sind hier zehn Perioden zu betrachten. Zehn aus dem Grund, weil die Touren für zwei Wochen berechnet werden, wobei die Wochenenden, also Samstag und Sonntag, nicht miteinbezogen werden. Somit ergibt sich eine Gesamtanzahl von zehn Tagen. Für jeden Tag werden die Touren extra berechnet.

Folgende Restriktionen sind zu beachten:

- Anzahl an Fahrzeugen je Lieferlager
- Maximale Dauer einer Tour

Die Anzahl an Fahrzeugen ist für jedes Lieferlager bereits fix vorgegeben. Diese Anzahl variiert sehr stark zwischen den einzelnen Depots. Die Niederlassung mit den wenigsten LKWs besitzt zwei Stück und jene mit den meisten bereits 14. Der Grund hierfür ist die unterschiedliche Größe der Lieferlager bzw. die extrem unterschiedliche Anzahl an zu beliefernden Kunden.

Die Tourlängenbeschränkung ist auf acht Stunden pro Tour bzw. pro Tag begrenzt. Dies ist die maximale Arbeitszeit für den LKW-Fahrer. Jede Route beginnt beim Depot. Von dort aus werden die einzelnen eingeplanten Standorte angefahren. Sobald die Tour beendet ist, kehren alle Fahrzeuge wieder zu ihrem Startpunkt zurück. Das alles muss innerhalb dieser acht Stunden Frist geschehen.

Eine Kapazitätsbeschränkung ist nicht erforderlich, da die LKWs ein relativ großes Fassungsvermögen besitzen und diese Kapazitäten im Regelfall nicht voll ausgeschöpft werden. Würde eine Kapazitätsbeschränkung mit eingeplant werden, dann müsste für die Touren die Liefermengen pro Trafik mitberechnet werden. Sobald die Kapazität mit den Waren der anzufahrenden Kunden ausgeschöpft ist, würde die Tour geschlossen werden. Denkbar wäre in so einem Fall, dass die Fahrzeuge mehrere Touren pro Tag fahren. Das wäre dann der Fall, wenn die Standorte relativ nahe zusammen liegen würden und die Kapazitätsrestriktionen vor den zeitlichen Beschränkungen greifen würden, oder aber auch wenn die Mengen

die transportiert werden müssen sehr groß sind, bzw. das Fassungsvermögen der Transporter eher klein. Hier könnte das Fahrzeug wieder zurück zum Depot fahren, neue Waren aufladen und dann die neue Tour beginnen.

Da das hier aber nicht der Fall ist, wird nur die zeitliche Restriktion betrachtet. Pro Tag wird eine Tour für jeden LKW geplant und das für jedes der Depots.

Zur Berechnung für dieses konkrete Tourenplanungsproblem wurde ein Savingsalgorithmus verwendet und in C++ programmiert.

4.2.2 Datenverarbeitung

Die Daten der gesamten Trafiken wurden von der Firma tobaccoland, eine 100%-ige Tochtergesellschaft der Austria Tabak, zur Verfügung gestellt.

Alle Standorte wurden entsprechend ihrem Lieferlager aufgeteilt um die Berechnung für jedes einzelne Depot vornehmen zu können.

4.2.2.1 Distanzberechnung

Für jede Trafik standen die x-y-Koordinaten nach Lambert zur Verfügung. Mit diesen Informationen konnten die Distanzmatrizen berechnet werden. Es wurde je Lieferlager mit allen zugehörigen Standorten eine Distanzmatrix erstellt, welche für die Berechnung mittels Savingsalgorithmus notwendig ist.

Da die Koordinaten für die Lieferlager nicht zur Verfügung standen, wurden diese mittels ArcGis ermittelt und in die Distanzberechnung mit einbezogen.

Die Distanzberechnung wurde auf der Homepage: <http://sim01.bwl.univie.ac.at:8080/> durchgeführt. Das Ergebnis war eine (n+1) mal (n+1) Matrix, wobei n die Anzahl der Trafiken darstellt und das Depot auch miteinbezogen werden musste. Dies geschah für jedes Lieferlager extra.

Die Distanzmatrizen beinhalten die Fahrzeit von jedem Kunden zu jedem anderen Kunden inklusive dem Depot, wobei das Depot in jeder Berechnung an erster Stelle ist und dem die Kundennummer „0“ zugewiesen wurde. Diese Fahrzeiten wurden in Minuten ausgegeben.

Die Distanzmatrix für das Lieferlager Wien konnte leider nicht berechnet werden, da die Rechnerleistung des PCs nicht ausreichend war, um ein Ergebnis zu erlangen.

4.2.2.2 Frequenzbestimmung

Wie bereits oben erwähnt, handelt es sich hier um ein periodisches VRP. Für jeden einzelnen Kunden musste die Belieferungsfrequenz bestimmt werden. D.h. wie oft der Kunde in den zehn Tagen angefahren werden muss. Entsprechend der Anzahl an Belieferungen, welche für die Trafik notwendig ist, wurde jedem Kunden eine Zahl zwischen null und vier zugeteilt, wobei null keine regelmäßige Belieferung darstellt, und vier bedeutet, dass der Kunde viermal in dem Zehn-Tagesintervall beliefert werden muss. Alle Kunden mit der Frequenz null, welche somit gar keine regelmäßige Belieferung erhalten, wurden in die Berechnung nicht miteinbezogen. Dies wurde jedoch erst direkt im Algorithmus festgelegt und nicht schon zu Beginn aussortiert.

4.2.2.3 Frequenzmuster

Unter dem Frequenzmuster versteht man die verschiedenen möglichen Aufteilungen der einzelnen Kunden auf die zehn Tage. Es musste eine Zuteilung gefunden werden, in welcher festgehalten wird, welcher Kunde an welchem Tag beliefert wird. Dafür wurden im Vorhinein verschiedenste Muster angefertigt. Diese Muster bestehen aus zehn Spalten welche mit Nullen und Einsen befüllt wurden. Jede der Spalten steht für einen Tag. Von Montag bis Freitag und nochmals von Montag bis Freitag. Diese Muster wurden in vier verschiedene Kategorien unterteilt, für jeden Frequenztypen eine eigene Einordnung. Somit entstanden vier Matrizen welche mit Nullen und Einsen befüllt wurden.

Jede Zeile kann als mögliche Zuteilung verstanden werden, d.h. jedem Kunden musste genau eine Zeile zugeordnet werden. Je nachdem, in welcher Spalte eine Eins eingetragen war, beschrieb dies jenen Tag, an welchem dieser konkrete Kunde beliefert werden sollte.

Die Frequenzmuster wurden händisch erstellt. D.h. es wurden alle Möglichkeiten aufgeschrieben, wobei Zusammenstellungen welche nicht sinnvoll erschienen sind, nicht mit in die Muster aufgenommen wurden.

Für die Muster, welche für die einmalige Belieferung während des Intervalls bestimmt sind, musste die Zeilensumme genau eins sein, weil an genau nur einem Tag beliefert werden sollte. Somit ergaben sich für diesen Fall zehn verschiedene

Möglichkeiten, nämlich für jeden der zehn Tage eine Belieferung. In diesem Muster wurden alle Möglichkeiten festgehalten, da eine Belieferung an jedem beliebigem Tag sinnvoll ist. Hier musste man auch nicht auf etwaige Überschneidungen achten, bzw. auf Möglichkeiten bei denen nur ein Tag zwischen zwei Belieferungen liegen würde.

Fällt ein Kunde in die zweite Kategorie, nämlich in die zweimalige Belieferung während des Intervalls, mussten die Zeilensummen jeweils zwei ergeben. Hiefür standen natürlich mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, wobei nicht sinnvolle Aufteilungen ausgelassen wurden. Unter nicht sinnvollen Aufteilungen kann man hier verstehen, dass es keinen Sinn macht, wenn ein Kunde zweimal innerhalb der ersten Woche beliefert wird und dafür nie in der zweiten, oder wenn z.B. nur ein Tag zwischen den Belieferungen liegt.

In diesem Fall wäre es nun möglich die Belieferung in der zweiten Woche genau an dem selben Tag durchzuführen wie in der ersten Woche. Es kommen aber auch noch andere Einteilungen in Betracht, wie z.B. eine Belieferung am Montag in der ersten Woche und am Dienstag in der zweiten, dies wäre durchaus auch eine sinnvolle Einteilung. Durch diese Überlegungen blieben letztendlich 15 Möglichkeiten übrig. Das selbe geschah auch für die dreimalige und viermalige Belieferung wobei hier 17 bzw. 36 Intervallabläufe zustande kamen.

Wichtig war hier auch noch zu beachten, dass sich die Intervalle wiederholen. Man musste darauf achten, dass sobald die Tour wiederholt wird, zwei Belieferungstage nicht direkt aufeinander fallen. Dies wäre der Fall, wenn bei zweimaliger Belieferung der Kunde in der ersten Woche am Montag, und in der zweiten Woche am Freitag angefahren werden würde, dann würde in der Dritten Woche, also in der Wiederholung des Intervalls, am Montag beliefert werden. Somit würde Freitag und Montag zusammenfallen, was natürlich nicht viel Sinn machen würde.

Diese Muster wurden dann im Savingsalgorithmus entsprechend den verschiedenen Typen zufällig zugeteilt. Näheres hierzu siehe Savingsalgorithmus.

Siehe die Muster im Anhang Punkte 2 bis 5. Diese angeführten Tabellen bestehen nur aus den verwendeten Mustern. Hier sind nur jene Möglichkeiten angeführt, welche auch sinnvoll erschienen.

4.3 Programmierablauf in C++

1. Einlesen der Daten

2. Zufälliges Zuordnen der Besuchsmuster
3. 1.000-maliges bzw. 10.000-maliges Wiederholen des Savingsalgorithmus
 - a. Vergleichen der Ergebnisse

4.3.1 Einlesen der Daten

Wie bereits oben beschrieben, mussten die zuvor erstellten Daten für die Berechnung eingelesen werden um mit dem entsprechenden Input arbeiten zu können.

Folgende Files wurden dafür benötigt:

- Distanzmatrix für jedes Lieferlager gesondert
- Frequenzen für jedes Lieferlager gesondert
- Besuchsmuster, welche für jedes Lieferlager gleich blieben

4.3.2 Zufälliges Zuordnen der Besuchsmuster

Durch zufällig generierte Zahlen, welche ganzzahlig im Intervall zwischen eins und der Anzahl der zur Auswahl stehenden Besuchsmuster lagen, wurde jedem einzelnen Kunden eines der Besuchsmuster zugeordnet, welches zu seiner Frequenz der Belieferung passte.

Intervalle

Für einen einmaligen Besuch innerhalb von zwei Wochen:

Intervall von eins bis 10

Für einen zweimaligen Besuch innerhalb von zwei Wochen:

Intervall von eins bis 15

Für einen dreimaligen Besuch innerhalb von zwei Wochen:

Intervall von eins bis 17

Für einen viermaligen Besuch innerhalb von zwei Wochen:

Intervall von eins bis 36

4.3.3 1.000-maliges bzw. 10.000-maliges Wiederholen des Savingsalgorithmus

Nachdem jeder Kunden nun genau eine Art von Besuchsmuster erhalten hatte, konnte der Savingsalgorithmus angewendet werden.

Für jeden einzelnen der zehn Tage mussten die Touren geplant werden und somit auch der Savingsalgorithmus gestartet werden. Das heißt, dass anhand der zugeordneten Besuchsmuster bestimmt werden konnte, welche Kunden alle am ersten Tag beliefert werden müssen. Mit diesen Informationen wurden die entsprechenden Kunden, welche in den selben Tag hineingefallen sind, zusammengefasst und nur über diese wurden die Tagestouren berechnet. Diese Vorgehensweise wurde dementsprechende für jeden der zehn Tage durchgeführt.

Nachdem der erste Durchlauf des Algorithmus fertiggestellt war, wurden die Ergebnisse abgespeichert.

4.4 Pseudocode

Programm Savings

Distanzmatrix einlesen()

Besuchsmuster einlesen()

Frequenzen einlesen()

Zufällige Besuchsmusterauswahl

Wiederhole solange bis die Anzahl an Kunden erreicht ist

 Wenn die zugeteilte Frequenz 0 ist, dann weiter im Code

 Wenn die zugeteilte Frequenz 1 ist, dann wähle eine Zahl zwischen 1 und 10

 Wenn die zugeteilte Frequenz 2 ist, dann wähle eine Zahl zwischen 1 und 15

 Wenn die zugeteilte Frequenz 3 ist, dann wähle eine Zahl zwischen 1 und 17

 Wenn die zugeteilte Frequenz 4 ist, dann wähle eine Zahl zwischen 1 und 36

Die ausgewählte Zahl dem Kunden zuordnen

Wiederholung jeweils 1.000 bzw. 10.000 mal //für die verschiedenen

Erbenisvergleiche

Betrachte für jeden Tag die ausgewählten Kunden

 Berechne die Savingswerte für jedes Kundenpaar

 Sortiere die Kundenpaare nach absteigendem Savingswert

Solange die geordnete Savingsliste noch nicht zu Ende ist:

Wenn eine neue Tour eröffnet wird, gib das entsprechende Kundenpaar in diese Tour, jedoch nur, wenn beide noch nicht bereits innerhalb einer anderen Tour angefahren werden

wenn OK dann

Speichere die Dauer plus 16 Minuten für die Tourlänge

//Besuchsdauer $2x - 2$ Kunden werden angefahren

Wenn keine neue Tour eröffnet wird, dann prüfe ob bereits zumindest ein Kunde innerhalb einer Tour (nicht an erster bzw. letzter Stelle) beliefert wird

Wenn ja: weiter in der Savingsliste

Wenn nein: prüfe ob am Anfang bzw. Ende der Tour angeknüpft werden kann

Wenn ja: prüfe, damit kein Kreis entsteht, ob nur einer des Paares in der Tour am Anfang bzw. Ende steht

Wenn nein: weiter

Wenn ja: Möglichkeit zum Anknüpfen besteht

Prüfe ob zwei Touren zusammengeführt werden können

//Vorsicht auf gerichtetes Problem

wenn erster Kunde von einer Tour und letzter Kunde von einer anderen Tour dem aktuellen Savingspaar (in der richtigen Reihenfolge) entsprechen: Möglichkeit der Zusammenführung

Wenn die Möglichkeit der Zusammenführung bzw. Anknüpfung besteht:

Prüfe ob die max. Tourlänge dadurch nicht überschritten wird

Wenn nein: anknüpfen bzw. zusammenführen und Tourlänge Aktualisieren

Bei Anknüpfen plus 8 Minuten Besuchszeit

Bei Verbinden nichts dazuzählen

Wenn ja: weiter

Wenn alle Touren fertig geplant sind:

zähle eine Pönale für jede gefahrene Tour hinzu (Anzahl an gefahrenen Touren minimal halten)

zähle eine höhere Pönale für jeden LKW dazu, welcher die Anzahl an zur Verfügung stehenden LKWs überschreitet.

Überprüfe welche Lösung die bessere ist:

Wenn die neu berechnete Tour besser ist als die alte, behalte die neue

Wenn die neu berechnete Tour schlechter ist als die alte, behalte die alte

Ausgabe der besten Lösung am Bildschirm

Alle Speicher wieder frei geben

5 Grundsätzliches zum Vergleichen der Ergebnisse

Das Ergebnis des zweiten Durchlaufs wurde mit dem des ersten verglichen. Je nachdem welches der beiden Ergebnisse den niedrigeren Zielfunktionswert aufwies, wurde die bessere Lösung behalten und die schlechtere wurde mit der neuen und somit auch besseren überschrieben. Im nächsten Durchlauf passierte wieder das selbe. Die bessere Lösung wurde behalten, wobei das Ergebnis überschrieben wurde, wenn die bessere Lösung die neu berechnete Tour war. Wenn allerdings die alte Lösung einen niedrigeren Zielfunktionswert aufwies, wurde die neue und somit schlechtere Lösung verworfen. Somit stand im Speicher das alte Ergebnis. Mit dieser Methode konnte nun sichergestellt werden, dass immer das aktuell beste Ergebnis im Lösungsspeicher stand.

Nach der Anzahl der Durchläufe, wurde das Ergebnis, welches zuletzt beibehalten wurde ausgegeben und für die Auswertungen herangezogen.

Durch die zufällige Zuordnung der Besuchsmuster wurde die Zuteilung der Kunden zu den verschiedenen Tagen immer unterschiedlich gewählt und somit auch die Ergebnisse verändert.

Diese Veränderung resultiert daraus, dass möglicherweise Kunden am selben Tag beliefert werden, welche geographisch weiter auseinander liegen. Im anderen Fall wäre es natürlich auch möglich, dass zufällig Kunden auf den selben Tag fallen, welche sehr nahe beieinander liegen, und somit die gesamte Tourlänge verkürzt werden kann.

Erwartungsgemäß sollten die Berechnungen mit 10.000 Durchläufen besser ausfallen, da die Wahrscheinlichkeit, dass näher benachbarte Kunden an einen Tag zusammenfallen höher war, da zehn mal so viele Möglichkeiten ausprobiert worden sind. Vielleicht nicht gerade zehn mal so viele Möglichkeiten, da es denkbar ist, dass hin und wieder genau die selben Besuchsmuster für die gleichen Kunden gefunden wurden, und somit das Ergebnis genau das selbe war, aber doch sicherlich um einiges mehr an Möglichkeiten zur Verfügung standen.

Näheres dazu siehe bei den Auswertungen.

6 Auswertungen:

Bei den nun unten angegebenen Auswertungen stehen für jedes Lieferlager drei verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Dabei handelt es sich einerseits um die aktuellen Touren, dies sind die Touren die momentan von dem Unternehmen gefahren werden. Auf der anderen Seite werden nun die neu berechneten Touren, welche mit dem Savingsalgorithmus und zufälliger Zuteilung an Besuchsmustern ausgerechnet wurden, gegenüber gestellt.

Die Touren wurden für folgende Lieferlager berechnet:

- Rankweil
- Salzburg
- Stein
- Thaur
- Graz
- Klagenfurt
- Linz

Das Lieferlager Ottakring wurde nicht für die Berechnungen verwendet, da das Datenvolumen zu groß war. Für die 1.684 Kunden, welche von diesem genannten Lieferlager aus beliefert werden sollten, konnte keine Distanzmatrix erzeugt werden, da die Rechnerleistung für diese 1.685 x 1.685 Matrix zu schwach war. Man kann jedoch sagen, dass wenn die Auswertungen für die anderen Lieferlager bei der neuen Berechnung ein besseres Ergebnis liefern als die aktuellen Touren, dann kann

davon ausgegangen werden, dass dies beim Lieferlager für Wien, nämlich Ottakring, auch der Fall sein würde.

Bei den Auswertungen werden folgende Faktoren verglichen:

1. Dauer der Berechnung
2. Gesamtdauer der Touren für zehn Tage
3. Gesamtanzahl der belieferten Kunden
4. Anzahl an extern belieferten Kunden
5. Verwendete Kraftfahrzeugtage für die gesamte Periode
6. Tage an welchen 480 Minuten überschritten werden

6.1 Dauer der Berechnung

Die Dauer der Berechnung zeigt die Gesamtdurchlaufzeit des Savingsalgorithmus auf. Diese Angabe ist in Sekunden und wurde in den C++ Code eingebaut, um zu messen, wie lange eine Berechnung dauert. Verglichen werden hier zwei Möglichkeiten, nämlich die der 1.000 Wiederholungen und die der 10.000 Wiederholungen. Logisch betrachtet müsste die Dauer der 10.000 Wiederholungen zirka zehnmal so lange sein als die Berechnung mit den 1.000 Durchläufen, da der Algorithmus genau zehnmal so oft aufgerufen wird und der Aufbau einer jeden Savingsberechnung inklusive der zufälligen Zuordnung der Besuchsmuster der selbe bleibt.

Vorab kann bereits gesagt werden, dass bei den Ergebnissen der Savingsberechnungen die Dauer für die 10.000 Durchläufe zirka zehnmal so lange ist wie bei den 1.000 Durchläufen. Dies zeigen die Auswertungen unterhalb.

Natürlich wird es größere Unterschiede der Dauer bei den einzelnen Lieferlagern geben, da die Anzahl der zu verarbeiteten Informationen, nämlich die der zu belieferten Kunden, doch sehr stark schwankend ist. Diese Anzahl befindet sich in folgendem Intervall: 321 – 1.809.

321 Belieferungen sind für das Lieferlager Rankweil notwendig, welches somit auch das kleinste darstellt, und 1809 für das Lieferlager Graz, welches bei diesen Berechnungen das größte Depot beschreibt. Wäre das Lieferlager Ottakring auch dabei, dann wäre dies das mit Abstand größte zu lösende Problem. Hier sind

nämlich bereits zirka 1.685 Kunden, wobei hier noch nicht die tatsächlich anzufahrenden Punkte gerechnet sind. Bei den tatsächlich anzufahrenden Punkten handelt es sich nämlich um die Gesamtanzahl an zu beliefernden Standorten, wobei hier dann natürlich die Besuchsfrequenzen, welche ja zwischen eins und vier liegen, miteinbezogen werden, und somit weit über der tatsächlichen Anzahl an Kunden liegen.

6.2 Gesamtdauer der Touren für zehn Tage

Dies kann als eigentlicher Vergleichswert betrachtet werden. Bei dieser Maßzahl werden die gesamten Tourlängen aufsummiert und bilden somit einen der wichtigsten Vergleichswerte für die Verbesserung bzw. Veränderung der neu berechneten Touren. Je geringer die gesamte Tourlänge ausfällt, desto effizienter ist die Tourenplanung. Hier kommen jedoch noch andere Messwerte hinzu, welche auch miteinbezogen werden müssen. Näheres hierzu siehe zu den folgenden Punkten.

Die Gesamtdauer der Touren kann auch als Kosten gesehen werden. Dies wurde auch im Algorithmus so angenommen. Das Ziel des Algorithmus war einerseits die Minimierung dieser Gesamtdauer und auch die Minimierung der Gesamtanzahl an Kraftfahrzeugen, wobei hier wiederum unterschieden wurde, ob die Anzahl an zur Verfügung stehenden LKWs überschritten wurde oder ob es nur normale Fahrzeugtage waren. Wenn eine Überschreitung gegeben war, dann war die Pönale viel höher (siehe Pönale1 in der Formel (1)) als für die normalen Fahrzeugtage (siehe Pönale2 in der Formel (1)).

Mathematisch ausgedrückt wurde für jeden Tag folgender Wert zur Gesamtdauer hinzugerechnet:

$$(1) \quad (Anzahl\ an\ gefahrenen\ Touren\ für\ Tag\ i - Anzahl\ an\ zur\ Verfügung\ stehenden\ Kraftfahrzeuge) * Pönale1 + Summe\ an\ gefahrenen\ Touren * Pönale2$$

wobei $i = 1, \dots, 10$

Diese Summe ist letztendlich der Zielfunktionswert, welcher bei den Vergleichen der einzelnen Savingstouren herangezogen worden ist.

Dieser Zielfunktionswert der Programmierung wird jedoch in den Auswertungen aufgesplittet um die Unterschiede besser erkennen zu können.

Hier fällt natürlich auch indirekt die Anzahl an extern zu beliefernden Kunden hinein, welcher durch die Pönale1 beschrieben wird. Diese zwei Werte, nämlich die Distanzen sowie die Pönalen, wurden im Programmcode als Zielfunktionswert angenommen.

6.3 Gesamtzahl der belieferten Kunden

Die Summe der gesamten belieferten Kunden, oder besser gesagt die Gesamtanzahl an angefahrenen Standorten, sollte nur eine Überprüfung darstellen, ob auch wirklich alle Kunden durch die Berechnung des Algorithmus in die gefahrenen Touren aufgenommen worden sind. Es darf kein Kunde ausgelassen werden. Somit muss die Anzahl der gesamten belieferten Kunden in allen drei Vergleichen gleich hoch sein, oder besser gesagt, die neuen berechnete Touren müssen gleich viele Kunden enthalten wie die aktuellen Touren, denn das sind die ursprünglichen Daten, von welchen ausgegangen wird.

Hierunter darf man jedoch nicht die Anzahl an einzelnen Kunden verstehen. Dieser hier genannte Wert ist nämlich um einiges höher, da dies die Summe der einzuplanenden Kunden pro Tag beschreibt. Es gibt Kunden welche mehr als einmal innerhalb der zehntägigen Periode eingeplant werden müssen, je nachdem wie oft die Belieferung stattfinden muss. Diesen Wert kann man als Gesamtsumme an Standorten sehen, welche innerhalb von zehn Tagen insgesamt erreicht werden müssen.

Mathematisch ausgedrückt beschreibt folgende Formel die anzufahrenden Standorte:

(2)

$$\sum_{i=1}^n i * \text{Frequenz}_i$$

wobei $i = 1 \dots n$

$n \dots$ Anzahl an Kunden

6.4 Anzahl an extern belieferten Kunden:

Da nur eine begrenzte Anzahl an Fahrzeugen zur Verfügung steht, ist es leider nicht für jedes Lieferlager möglich, alle Kunden in den Touren unterzubringen. Diese restlichen Kunden müssen eine externe Belieferung erhalten. Dies wäre zum Beispiel durch einen Logistikdienstleister denkbar. Natürlich ist diese Art der Belieferung mit zusätzlichen Kosten verbunden und ist somit auch ein sehr wichtiger Faktor für die Bewertung der Effektivität der einzelnen Tourenplanungen. Wie bereits oben erwähnt, muss dieser Messwert auch in den Zielfunktionswert einfließen. Indirekt gehört diese Messzahl zur Minimierung der Anzahl an Touren, welche über den Wert der zur Verfügung stehenden Kraftfahrzeuge hinausgeht. Je weniger Touren ausgelagert werden müssen, desto weniger Kunden müssen extern beliefert werden. Dies heißt natürlich auch wieder, dass somit zusätzliche Kosten eingespart werden können.

6.5 Verwendete Kraftfahrzeugtage für die gesamte Periode

Kann ein Kraftfahrzeug einen oder mehrere Tage während der Belieferungszeit eingespart werden, bedeutet das natürlich auch insgesamt, dass Kosten eingespart werden können. Dies betrifft nicht nur die Anzahl an gefahrenen Kilometern oder Minuten, was wiederum Treibstoffverbrauch bedeutet, sondern auch die Einsparung an Arbeitszeit. Für diesen Tag benötigt man keinen Fahrer.

Hier wäre es denkbar, dass man Touren, welche an anderen Tagen zuviel sind, und somit eine Auslagerung bedeuten, an einen Tag gelegt werden, wo es noch freie Fahrzeuge gibt. Dies gestaltet sich in der periodischen Tourenplanung jedoch etwas schwierig, da mit eingeplant werden muss, ob diese Kunden, welche sich innerhalb einer Tour befinden, wirklich an einen anderen Tag verlegt werden können.

Wie bei den Besuchsmustern bereits erwähnt, können ineffiziente Aufteilungen der zu belieferten Kunden nicht verwendet werden. Dies heißt eben, dass es keinen Sinn macht, einen Kunden innerhalb von wenigen Tagen mehr als einmal zu beliefern. Eine solche Lösung der Verschiebung einzelner Touren an Tagen, an welchen die Kapazitäten überlastet werden, müsste dann im Einzelfall betrachtet und bewertet werden.

6.6 Tage an welchen 480 Minuten überschritten werden

480 Minuten sind genau acht Stunden. Dies wird hier als Arbeitszeit eines Angestellten bzw. Arbeiters angesehen. Keine Tour darf über diese 480 Minuten hinausgehen, da spätestens dann der Arbeitstag des Fahrers zu Ende sein muss, und dieser wieder im Depot oder Lieferlager eintreffen muss. Dies war die einzige Restriktion im Algorithmus. Sobald diese acht Stunden überschritten worden wären, wurde eine neue Tour eröffnet.

Bei den neu berechneten Touren gibt es natürlich keine Überschreitung dieser zeitlichen Begrenzung. In den aktuellen Touren sind sehr wohl einige Touren vorhanden, an welchen diese Restriktion überschritten wird.

6.7 Zusammenfassung der oben genannten Punkte eins bis sechs

Zusammenfassend kann hierzu gesagt werden, dass es mehrere Faktoren gibt, welche in den Zielfunktionswert einfließen. Der Zielfunktionswert beinhaltet aus dem Grund die Gesamtdauer, die Anzahl an überschrittenen Kraftfahrzeugen, sowie die gesamten gefahrenen Touren, da es teurer ist einzelne Kunden auszulagern, als diese in den eigenen Touren unterzubringen. Auch wäre es günstig, wenn möglicherweise ganze Transporter und somit auch Arbeitskräfte eingespart werden könnten.

Die extern zu beliefernden Tabaktrafiken wurden im Bedarfsfall so gewählt, dass die Touren, welche die wenigste Anzahl an Kunden beinhalten, ausgelagert werden sollten. Somit wird die Gesamtanzahl an extern zu beliefernden Kunden so gering wie möglich gehalten. Dies ist aus meiner Sicht effizienter als die Touren auszulagern, welche zwar eine große Distanz aufweisen, jedoch nur wenige Kunden beinhalten. Da das abgeben der Belieferung an einen Logistikdienstleister sehr kostenintensiv ist.

Zu den Verschiebungen einzelner Touren auf nicht ausgelastete Tage kann gesagt werden, dass die zufällige Zuteilung der Besuchsmuster vielleicht nicht optimal ist. Es wäre hier zum Beispiel denkbar, dass man versucht die Anzahl an zu beliefernden Kunden pro Tag so ausgeglichen als möglich zu gestalten. Das sollte heißen, dass an jedem Tag zirka gleich viele Standorte angefahren werden sollten.

Somit wäre die Auslastung ungefähr dieselbe und es würde nicht zu allzu großen Schwankungen führen und somit würden die Stehzeiten für die Kraftfahrzeuge verringert werden, sofern welche vorhanden sind. Es wäre auch möglich, dass bei dieser Vorgehensweise verhindert wird, dass zu viele Kunden ausgelagert werden müssen, was wiederum eine zusätzliche Kostenersparnis bedeutet.

7 Lieferlagerauswertungen

Die genauen Auswertungen zu jedem Lieferlager siehe im Anhang die Punkte 6 bis 12.

7.1 Rankweil

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
21 Sekunden	205 Sekunden

Wie bereits oben erwähnt, ist die Durchlaufdauer für 10.000 Wiederholungen etwa zehnmal so groß wie für die 1.000 Wiederholungen. Dies kann bei jeder Berechnung aller Lieferlager gleichermaßen beobachtet werden, und wird somit bei den nachfolgenden Auswertungen nicht mehr gesondert beschrieben.

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	4.142	5.343	5.311
Gesamt zu beliefernde Kunden	321	321	321
Extern belieferte Kunden	17	0	0
Verwendete LKWs für 10 Tage	16 / 20	16 / 20	14 / 20
480min überschritten	1	0	0

Bei den verwendeten LKWs für 10 Tage kann man vor dem Trennzeichen die tatsächlichen Ausfahrten erkennen, wobei dahinter die maximal mögliche Anzahl an

Ausfahrten angegeben ist. Dies ist jeweils der Wert $10 \cdot \text{Anzahl an zur Verfügung stehenden Kraftfahrzeugen}$.

Da die gesamte Anzahl an eingeplanten Kunden jeweils 321 ist, kann fixiert werden, dass keine einzige Belieferung innerhalb des Savingsalgorithmus ausgelassen wurde, und dass jeder Kunde, genau seiner Anzahl an zu beliefernden Tagen entsprechend, eingeplant wurde.

Die Gesamttourlängen sind hier doch schon ziemlich unterschiedlich.

Das eindeutig beste Ergebnis wurde bei den aktuellen Touren, welche derzeit von tobaccoland gefahren werden, erreicht. Es gibt eine minimale Verbesserung bei den 10.000 Durchläufen des Savingsalgorithmus im Vergleich zu den 1.000 Wiederholungen. Wobei man hier sagen muss, dass diese Touren nur um zirka 20 Minuten innerhalb der Gesamtbewertung besser sind. Dies ist angesichts einer Gesamtdauer von über 5.000 Minuten eine marginale Verbesserung und kann somit auch als gleichwertig angesehen werden.

Betrachtet man jedoch die Anzahl an extern zu beliefernden Kunden, kann man schon eindeutig erkennen, dass bei den aktuellen Touren hier Kosten verbraucht werden, welche in den neuen Planungen nicht mehr notwendig wären. Hier müssen nämlich keine Kunden ausgelagert werden, sondern die Belieferungen können alle mit den internen Kapazitäten erfüllt werden.

Die maximale Anzahl an möglichen einzuplanenden Kraftfahrzeugen wäre hier 20, denn es stehen insgesamt pro Tag zwei Lieferwägen zur Verfügung. Wäre jeder Tag damit belegt, dann könnten insgesamt maximal 20 Ausfahrten eingeplant werden. Dieser Wert wird jedoch bei keinem der obigen Vergleiche erreicht. Dies bedeutet, dass es Leerzeiten bzw. Leertage für die einzelnen Fahrzeuge gibt.

Vergleich der Savingstouren:

Hier kann man sehen, dass die Berechnung mit den 10.000 Durchläufen besser abschneidet. Es werden insgesamt um zwei Ausfahrten weniger benötigt. Das wiederum heißt, dass innerhalb von zwei Arbeitswochen zwei Arbeitstage weniger benötigt werden, innerhalb des Vergleichs der Savingsberechnungen. Hochgerechnet auf ein ganzes Arbeitsjahr würde das bedeuten, dass wenn man mit

52 Wochen rechnet, hier ein Einsparungspotenzial von 52 Arbeitstagen pro Jahr verzeichnet werden könnte. Ob dies jedoch gewünscht wird bzw. arbeitsrechtlich überhaupt möglich ist, ist wiederum eine andere Frage. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass zwei Fahrzeuge mit je einem Fahrer fast ausgelastet aber auch notwendig sind.

Grundsätzlich kann man hierzu sagen, dass das Ergebnis bei 10.000-maliger Wiederholung geringfügig besser ist.

Aktuelle Tour:

Hier wäre es durchaus denkbar, dass man die 17 Kunden, welche extern beliefert werden und alle innerhalb von zwei Touren liegen, einfach auf einen anderen Tag verlagert. Dies wäre hier sogar möglich, da diese externen Kunden jeweils am Donnerstag einer jeden Woche liegen, und am Freitag noch interne Touren möglich wären, da diese Tage gar nie berührt werden. Würde man also die extern zu beliefernden Kunden jeweils am Freitag statt am Donnerstag einplanen, dann könnten auch alle Kunden von den eigenen Fahrzeugen beliefert werden und somit könnten die Kosten für den Logistkdiensleister eingespart werden.

Würde man das machen, dann wäre die Gesamttourlänge für die aktuellen Touren 4836,78 Minuten, und somit auch besser als die neu berechneten Touren.

Zusammenfassend kann hier gesagt werden, dass die aktuellen Touren von tobaccoland, mit einer kleinen Änderung, nämlich der Verlagerung von jeweils einer Tour von Donnerstag auf Freitag, das beste Ergebnis erzielen.

Die neue Ergebnistabelle würde folgendermaßen aussehen:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	4.837	5.343	5.311
Gesamt zu beliefernde Kunden	321	321	321
Extern belieferte Kunden	0	0	0
Verwendete LKWs für 10 Tage	18 / 20	16 / 20	14 / 20
480min überschritten	1	0	0

Wie man hier gut sehen kann, ist nur bei der Anzahl an den verwendeten LKWs der Wert bei den aktuellen Touren höher.

7.2 Salzburg

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
501 Sekunden	4.945 Sekunden

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	16.482	14.906	15.165
Gesamt beliefende Kunden	980	980	980
Extern belieferte Kunden	0	0	0
Verwendete LKWs für 10 Tage	46 / 60	44 / 60	38 / 60
480min überschritten	2	0	0

Die Anzahl an extern zu beliefenden Kunden ist überall Null. Das heißt, dass als Vergleichswerte einzig und alleine die gesamte Tourlänge sowie die Anzahl an verwendeten Kraftfahrzeugen für die zehn Tage herangezogen werden können.

Grundsätzlich wäre es möglich insgesamt 60 Touren einzuplanen, da das Kontingent für das Lieferlager Salzburg insgesamt sechs Lieferwägen beinhaltet.

Die Tage an welchen 480 Minuten überschritten werden können hier außer Acht gelassen werden, da die Überschreitungen nur minimal sind.

Betrachtet man nur einmal die Gesamttourlängen, kann man sehen, dass der Savingsalgorithmus mit 1.000 Durchläufen das beste Ergebnis aufweist. Danach folgt die neue Berechnung mit 10.000 Durchläufen und anschließend kommt die aktuelle Tour. Da dies aber nicht der einzige Messfaktor ist, wird auch noch die Anzahl an geplanten Touren betrachtet, welche ja die Anzahl ein einplanten Fahrzeugen beschreibt.

Hier kann gesehen werden, dass es bei den aktuellen Touren, sowie bei den Savingsberechnungen mit 1.000 Durchläufen theoretisch möglich wäre, auch nur mit einem LKW Kontingent von fünf Fahrzeugen auszukommen. Dies kann man daran erkennen, dass insgesamt über 40 jedoch unter 50 Fahrten vorgesehen sind. Da die Anzahl an Lieferwägen natürlich nur ganzzahlig sein kann, ergeben sich ein Minimum an benötigten Fahrzeugen von 50 dividiert durch 10, nämlich fünf. Bei den 10.000 Durchläufen wäre theoretisch eine Anzahl an vier Fahrzeugen ausreichend.

Vergleich aktuelle Touren und Savingsalgorithmus mit 1.000 Durchläufen:

Betrachtet man jedoch die genaue Aufteilung der Fahrten auf die einzelnen Tage, siehe dementsprechend im Anhang, kann man erkennen, dass nicht durchgehend an jedem Tag nur fünf Touren gefahren werden. Es gibt durchaus auch genügend Tage, an welchen wirklich sechs Fahrzeuge ausgenutzt werden. Hier wäre wieder der Fall, wo man jeden einzelnen Tag, an welchem sechs Touren eingeplant sind, betrachten müsste um zu sehen, ob eine Umverteilung der sechsten Tour, oder auch einer beliebigen anderen, auf einen Tag, an welchem nur vier Touren gefahren werden, aufgrund der einzuhaltenden Besuchstage möglich wäre. Wäre eine solche andere Aufteilung mögliche, dann würden anstatt von sechs Fahrzeugen nur mehr fünf benötigt werden und somit auch ein Fahrer weniger. Dies würde durchaus eine erhebliche Kostenersparnis mit sich bringen.

Savingsalgorithmus 10.000 Durchläufe:

Bei diesen Ergebnissen, siehe im Anhang, kann bereits ohne Umverteilung der Touren gesagt werden, dass nur fünf Kraftfahrzeuge und somit auch nur fünf Fahrer notwendig sind. Dies kann man daran erkennen, dass die höchste Anzahl an verplanten Touren pro Tag nur fünf, anstatt sechs wie bei den anderen Tourenplanungen, betragen. Wenn man die Auswertungen genauer betrachtet, dann fällt auf, dass genau ein Tag, nämlich der Tag fünf, das ist der Freitag innerhalb der ersten Woche, als einziger Tag fünf Touren aufweist. Alle anderen verbrauchen nur vier oder drei Touren. Innerhalb der ersten Woche ist eine Umverteilung der Tour von Freitag nicht möglich, da dort bereits jeder Tag mit vier Fahrzeugen ausgelastet

ist. Der darauf folgende Montag beinhaltet jedoch nur drei Touren. Man müsste sich nun den Besuchsrhythmus von den einzelnen Kunden innerhalb dieser Freitagstouren ansehen um entscheiden zu können, ob eine Tour von Freitag auf Montag verlegt werden könnte. Ist das möglich, dann würden nur vier Lieferwägen benötigt werden. Dies wären um zwei weniger als das momentane Kontingent umfasst. Dies wiederum bedeutet eine vollständige Einsparung von zwei Arbeitskräften sowie zwei gesamten Fahrzeugen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Savingsalgorithmus mit 10.000 Durchläufen das eindeutig beste Ergebnis liefert, obwohl bei dem die Anzahl an Minuten bei der Gesamttourenlänge höher ist als bei den anderen beiden Varianten. Auch wenn bei allen aufgezeigten Möglichkeiten der Tourenplanung die Umverteilungen möglich wären, dann würde diese Tourenplanung nur vier Fahrzeuge benötigen und im Vergleich die beiden anderen jeweils fünf.

Vergleicht man jedoch nur die aktuelle Tour mit der Berechnung mit 1.000 Durchläufen, schneidet die aktuelle Tour nicht viel schlechter ab.

Es kommt immer auf das Ziel an, welches verfolgt wird. Ist nicht nur die Kostenminimierung im Vordergrund, sondern auch ein menschlicher Aspekt, nämlich der, dass die eigenen Mitarbeiter behalten werden können, dann ist die aktuelle Tour durchaus akzeptabel und muss nicht durch die neu berechnete Möglichkeit ersetzt werden.

7.3 Stein

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
726 Sekunden	7.219 Sekunden

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	14.456	12.534	12.599

Gesamt beliefernde Kunden	1.134	1.134	1.134
Extern belieferte Kunden	124	378	379
Verwendete LKWs für 10 Tage	30 / 30	30 / 30	30 / 30
480min überschritten	12	0	0

Hier herrscht plötzlich eine ganz andere Situation vor, als vorher beobachtet werden konnte. Hier sind bei allen drei Varianten die Kapazitäten vollkommen ausgelastet. In jedem Fall müssen Kunden extern beliefert werden.

Die dritte hier aufgezeigte Möglichkeit verliert in allen maßgeblichen Vergleichspunkten gegenüber den anderen beiden.

Vergleich der beiden Savingsberechnungen:

Obwohl grundsätzlich davon ausgegangen werden konnte, dass der Savingsalgorithmus mit 10.000 Durchläufen höchstwahrscheinlich ein besseres Ergebnis liefern würde, als der mit den 1.000 Durchläufen, trifft dies hier nicht zu. Die einzig mögliche Erklärung ist, dass unter den zufällig zugeteilten Besuchsmustern bei 1.000 Wiederholungen, zumindest eines dabei war, welches ein besseres Ergebnis lieferte als alle anderen in der Berechnung mit den 10.000 Durchläufen. Statistisch gesehen ist das eher unwahrscheinlich, hier ist dieser Fall jedoch eingetreten. Die Chance dass der Algorithmus mit 10.000 Durchläufen ein besseres Ergebnis liefert, wäre theoretisch zehnmal so groß. Es reicht natürlich aus, wenn nur eine Zuteilung besser war, denn das ist letztendlich das beste Ergebnis. Vielleicht sind bei den 10.000 Durchläufen auch wirklich nur sehr schlechte Zuteilungen gefunden worden. Mit einer neuerlichen Berechnung, könnte das Ergebnis ganz anders aussehen.

Da der Algorithmus mit 10.000 Durchläufen bei allen Vergleichsmaßzahlen ein schlechteres Ergebnis liefert, muss dieser gar nicht erst weiter betrachtet werden, sondern kann von vornherein ausgeschlossen werden.

Vergleich Savingsberechnung 1.000 Durchläufe und aktuelle Tour:

Die aktuelle Tour ist zwar bei der gesamten Tourlänge schlechter als der Savingsalgorithmus, jedoch ist die Anzahl der extern zu beliefernden Kunden erheblich geringer.

Da in beiden Fällen die gesamte Kapazität bereits erreicht ist, kann man auch keine Fahrzeuge einsparen. Die Tatsache, dass die Differenz der auszulagernden Kunden doch sehr groß ist, würde für mich bedeuten, dass auch der bessere Wert bei der Gesamttourlänge, die Savingstouren nicht besser sind als die aktuellen Touren.

Hier hat die tobaccoland GmbH eine sehr gute Möglichkeit gefunden ihre Kunden zu beliefern. Dies sollte so beibehalten werden. Es kann kein Verbesserungsvorschlag abgegeben werden.

Allerdings wäre es zu überlegen, ob es möglicherweise günstiger kommen würde, noch einen zusätzlichen Lieferwagen in den Fuhrpark aufzunehmen. Eventuell wären diese Kosten, natürlich auch inklusive der Personalkosten und etwaige andere finanzielle Belastungen die damit entstehen würden, noch immer geringer als 124 Kunden von einem Logistikdienstleister beliefern zu lassen.

7.4 Thaur

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
588 Sekunden	5.870 Sekunden

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	16.913	16.039	15.760
Gesamt zu beliefernde Kunden	1.030	1.030	1.030
Extern belieferte Kunden	0	0	0
Verwendete LKWs für 10 Tage	42 / 50	41 / 50	40 / 50
480min überschritten	2	0	0

Es ist auf den ersten Blick zu erkennen, dass die Savingsberechnung mit 10.000 Durchläufen in beiden hier vorhandenen Vergleichspunkten das beste Ergebnis liefert. Sowohl die gesamte Tourenlänge als auch die Anzahl der Touren ist hier am niedrigsten. Ein Vergleich der extern zu beliefernden Kunden ist hier nicht möglich und auch nicht notwendig, da jede Tabaktrafik intern beliefert werden kann. Die hier vorherrschenden Kapazitäten sind ausreichend.

Bei den aktuellen Touren wird die maximale Dauer einer Tour zweimal erheblich überschritten.

Theoretisch wäre es auch hier möglich durch eine Umverteilung der Touren ein Kraftfahrzeug einzusparen. In der zweiten Belieferungswoche kann man eindeutig sehen, dass hier nur vier Lieferwagen notwendig sind da die maximale Anzahl an Touren pro Tag nicht größer als vier ist. Die Probleme sind hier in der ersten Woche. Innerhalb der Besuchstage eins bis fünf, nämlich Montag bis Freitag, sind keine bzw. nur sehr begrenzte Umverteilungen der Touren möglich. Lediglich am Dienstag werden nur drei Touren gefahren. Insgesamt müssten aber in der ersten Woche drei komplette Touren umverteilt werden. Dies ist hier nicht möglich. Man könnte noch eine Tour von Freitag auf Montag der nächsten Woche verlagern, denn da wären noch freie Kapazitäten vorhanden, jedoch würden dann noch immer zwei Touren verlagert werden müssen. Dies ist hier auf keinen Fall möglich. Um trotzdem einen Wagen einsparen zu können, müssten die gesamten Besuchsmuster genau betrachtet werden, und vielleicht nicht nur eine zufällige Zuteilung gefunden werden, sondern möglicherweise die Muster zumindest bis zu einem gewissen Grad fixiert werden.

Fakt ist jedoch hier, dass die aktuellen Touren verworfen werden sollten und neu eingeplant werden müssten. Hier ist durchaus ein Potential zur Verbesserung vorhanden. Nicht nur von der Gesamttourlänge aus gesehen, sondern auch wie bereits oben beschrieben, müsste dieses Lieferlager auch mit nur vier Lastkraftwagen auskommen.

7.5 Graz

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
2.860 Sekunden	29.847 Sekunden

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	23.907	26.775	27.335
Gesamt zu beliefernde Kunden	1.809	1.809	1.809
Extern belieferte Kunden	328	60	40
Verwendete LKWs für 10 Tage	69 / 70	66 / 70	66 / 70
480min überschritten	4	0	0

Die gesamte Tourlänge ist bei den aktuellen Touren mit Abstand am geringsten. Bei den savingsberechneten Algorithmen ist die Dauer der Touren um mehr als 3.000 Minuten länger. Betrachtet man jedoch die Anzahl an extern zu beliefernden Kunden, dann kann man schnell erkennen, dass es möglich ist, nur alleine mit den eigenen Ressourcen fast alle Kunden anzufahren. Hier ist der Unterschied doch erheblich. Müssen bei den aktuellen Touren 328 Kunden über einen Logistkdienstleister betreut werden, so sind es bei den neu berechneten Touren doch nur 60 bzw. 40 Kunden, die über den externen Weg beliefert werden.

Da es noch freie Kapazitäten gibt, wäre es wahrscheinlich möglich, alle Kunden intern zu beliefern. Bei den Savingsberechnungen gibt es noch jeweils 4 freie LKW Tage. Das heißt, an 4 Tagen werden nicht alle LKWs verwendet.

Die vier Touren, an welchen 480 Minuten überschritten werden, zeigen nur eine geringfügige Abweichung, und können somit vernachlässigt werden.

Wie man in der Tabelle oberhalb erkennen kann, müssen insgesamt 1.809 Kundenstandorte angefahren werden. Dieser Wert teilt sich auf in externe und interne Belieferungen und entspricht der zeitlichen Eingrenzung des 10-tages Intervalls. Dies ist doch eine beträchtliche Anzahl an einer zu verarbeiteten Nachfrage.

7.6 Klagenfurt

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
756 Sekunden	7.272 Sekunden

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	13.229	12.037	12.960
Gesamt zu beliefernde Kunden	1.125	1.125	1.125
Extern belieferte Kunden	148	355	106
Verwendete LKWs für 10 Tage	30 / 30	30 / 30	30 / 30
480min überschritten	12	0	0

Auch hier wird die maximale Dauer einer Tour bei den aktuellen Touren 12-mal überschritten. Die Abweichungen sind jedoch nicht allzu groß und können somit übergangen werden.

Die Kapazität wird in allen drei Vergleichstouren völlig ausgeschöpft. Es ist also nicht möglich alle Kunden über den eigenen Vertriebsweg zufrieden zu stellen.

Das Ergebnis der Savingsberechnung mit 1.000 Durchläufen ist relativ schlecht. Die gesamte Tourlänge ist am geringsten, jedoch ist die Zahl der extern zu beliefernden Kunden sehr hoch und kann somit aus den Möglichkeiten ausgeschlossen werden.

Vergleich der aktuellen Tour und Savingsalgorithmus mit 10.000 Durchläufen:

Betrachtet man dann nur noch die aktuellen Touren und die Savingsberechnung mit 10.000 Durchläufen, dann ist klar, dass die neue Berechnung eine Einsparung mit sich bringt. Es ist sowohl die Gesamtdauer der Touren geringer als auch die Anzahl an Kunden, welche über einen anderen Vertriebsweg beliefert werden müssen, ist um einiges niedriger.

7.7 Linz

Vergleich der Rechnerzeiten:

1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
2.287 Sekunden	23.995 Sekunden

Vergleich der Ergebnisse:

	Aktuelle Tour	1.000 Durchläufe	10.000 Durchläufe
Gesamttourlänge intern in min	25.668	24.287	24.857
Gesamt zu beliefende Kunden	1.686	1.686	1.686
Extern belieferte Kunden	107	0	0
Verwendete LKWs für 10 Tage	70 / 70	67 / 70	61 / 70
480min überschritten	9	0	0

Bei den Vergleichen für das Lieferlager Linz scheidet die aktuelle Tour gegenüber den neu berechneten Savingstouren eindeutig aus. Die Daten sind in jedem der Vergleichspunkte schlechter als die der Ergebnisse der Savingstouren. Obwohl die gesamte Tourenlänge länger ist als in beiden anderen Möglichkeiten, müssen trotzdem noch einige Kunden extern beliefert werden. Dies ist bei keinem der Savingsergebnisse der Fall.

Vergleich der beiden Savingsvarianten:

Vergleicht man nun die beiden Savingsergebnisse, dann fällt ein Urteil jedoch schon schwieriger. Die Gesamttourlänge ist bei der Berechnung mit 1.000 Durchläufen zwar besser als die der mit 10.000 Durchläufen, es werden aber mehr LKW-Tage verbraucht, als bei der Berechnung mit 10.000 Durchläufen.

Diese Ergebnisse müssen nun im Detail betrachtet werden um eine Empfehlung abgeben zu können. Zu den genauen Vergleichen siehe hierzu im Anhang.

1.000 Durchläufe:

Hier werden innerhalb der ersten Woche alle zur Verfügung stehenden Fahrzeuge täglich eingesetzt. Am Montag in der darauf folgenden Woche steht ein LKW leer im Depot und am Freitag zwei Lastkraftwagen.

10.000 Durchläufe:

Innerhalb der ersten Woche steht je ein Fahrzeug an zwei Tagen leer im Depot. Am Montag in der zweiten Woche werden nur fünf Touren gefahren, die Kapazität wäre aber für sieben gegeben. Dies kann auch am Mittwoch sowie am Freitag beobachtet werden. Am Donnerstag steht ein LKW leer.

Hier wäre es vielleicht möglich, durch Umverteilungen der Touren einen gesamten Lieferwagen einzusparen. Rechnet man 61 verbrauchte LKW-Tage dividiert durch 10 Tage, dann erhält man 6,1 benötigte LKWs. Wie beim Lieferlager Salzburg bereits beschrieben, muss diese Minimalanzahl aufgerundet werden, da man ja nur ganzzahlige Fahrzeuge verwenden kann. Hier ist die Differenz auf die Ganzzahl sechs jedoch nur 0,1 und somit minimal. Auch wenn es sich nicht ausgehen würde, alle Kunden mit nur sechs Wägen zu beliefern, so wäre es doch denkbar, dass diese kleine Anzahl an Kunden, welche dann nur extern beliefert werden könnte, günstiger wäre als dieser zusätzliche LKW und Fahrer. Dies müsste jedoch im Detail betrachtet und nochmals durchgerechnet werden, denkbar wäre diese Möglichkeit aber.

8. Allgemeines zur Tabaktrafik

Der Name Trafik kommt von dem italienischen Wort traffico welches Handel bedeutet.

Tabaktrafiken vertreiben hauptsächlich Tabakwaren aber auch Zeitschriften, Magazine, Schreibwaren und andere Kleinwaren. Diverse Glücksspiele wie zum Beispiel Lotto oder Toto können in diesen Klein- und Mittelbetrieben gespielt werden.¹⁶

¹⁶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Tabaktrafik> (13.11.2007)

Ursprünglich hatte die Austria Tabak, welche ein staatliches Unternehmen war, eine Monopolstellung in dem Bereich Tabak. Dies änderte sich jedoch mit der Privatisierung des Unternehmens und ein Großteil des Tabakmonopols fiel. Das Monopol blieb lediglich für den Einzelhandel bestehen.¹⁷

Dieses Monopol stammte ursprünglich aus der Zeit von Kaiser Joseph II, welcher 1784 das Tabakmonopol erließ.

Grundsätzlich war die Idee dahinter, dass man Kriegsinvaliden, Soldatenwitwen oder auch schuldlos verarmten Beamten die Möglichkeit gab, mit einer Tabakverkaufsstelle ihren Lebensunterhalt zu bestreiten.

Auch heute noch werden Invaliden bei der Vergabe bevorzugt.¹⁷

Alle Trafiken in Österreich unterliegen einer Monopolverwaltung. Dieses Monopol für den Einzelhandel wird gemäß des Tabakmonopolgesetzes von 1996 durch die Monopolverwaltung GmbH, welche zu 100% in österreichischem Staatsbesitz ist, ausgeübt. Diese schreibt die Vergabe von Trafiken aus und überwacht die Einhaltung von Regeln welche sich auf die Beschränkung des Wettbewerbs beziehen. Solche Regeln wären zum Beispiel der Gebietsschutz sowie Werbe- und Rabattverbote.¹⁷

8.1 Geschichte der Monopolverwaltung

Bereits die Habsburger schränkten den privaten Anbau von Tabak sehr ein. Um 1700 wurde der Anbau außerhalb von privaten Gärten bereits vollständig verboten.

Auch Maria Theresia erließ ein Monopol für das damalige Österreich welches sie einer privaten Gesellschaft übergab.

Wie bereits oben erwähnt wurde das Tabakmonopol 1784 von Kaiser Joseph II eingeführt. Hierbei handelte es sich um ein Vollmonopol, das heißt, dass ausgehend von der Gewinnung des Tabaks, über die Verarbeitung bis hin zum Handel, alles dem Staat vorbehalten war.

1911 erfolgte eine Verordnung, welche die Regeln über die Besetzung, Neuerrichtung sowie Auflassung von solchen Verschleißstellen beinhaltete.

¹⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Tabaktrafik> (13.11.2007)

1994 wurde die Austria Tabakwerke AG mit der Verwaltung dieses Monopols beauftragt.

Mit den Beitrittsverhandlungen zur EU 1994 stand eine weitere Veränderung bevor. Der Tabakanbau unterlag ab sofort den Regeln der landwirtschaftlichen Marktordnung der europäischen Union. Das Produktions- sowie Einzelhandelsmonopol blieb bestehen. Es musste jedoch eine von Industrie sowie Großhandel unabhängige Stelle für die Trafikvergabe geschaffen werden.

Das derzeit gültige Tabakmonopolgesetz wurde 1995 beschlossen und ist 1996 in Kraft getreten. Die Republik Österreich gründete im Januar 1996 die Monopolverwaltung GmbH, welche eine unabhängige Stelle war bzw. ist und ihre Tätigkeit im gesamten Bundesgebiet aufnahm.¹⁸

8.1.1 Monopol

Das Wort Monopol stammt aus dem altgriechischen und bedeutet monos = allein und pōlein = verkaufen.

Am Markt gibt es dann ein Monopol, wenn entweder nur ein Anbieter oder nur ein Nachfrager für ein ökonomisches Gut existiert.

In einer solchen Situation muss der Monopolist grundsätzlich auf keinen Wettbewerb achten.¹⁹

Dieser Zustand ist am realen Markt jedoch nur sehr selten zu finden.

8.2 Marktsituationen

wobei es sich hier nur um die ausgeprägtesten Formen handelt

- Monopol
- Oligopol
- Polypol

8.2.1 Monopol

¹⁸ <http://www.mvg.at/geschichte.html> (13.11.2007)

¹⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Monopol> (13.11.2007)

Wie bereits oben beschrieben, spricht man von einem Monopol, wenn es entweder genau einen Anbieter, oder einen Nachfrager gibt. Ein bilaterales Monopol wäre es, wenn man auf beiden Seiten, nämlich der Angebots- sowie Nachfrageseite jeweils nur einen Vertreter vorfinden würde.

8.2.2 Oligopol

Ein Oligopol beschreibt eine Marktsituation in welcher man zwar nicht genau nur einen Anbieter bzw. Nachfrager vorfindet, jedoch ihre Anzahl sehr beschränkt ist.

8.2.3 Polypol

Hier stehen sich eine Vielzahl von Anbietern sowie Nachfragern gegenüber. Dies ist wahrscheinlich die häufigste Marktform überhaupt.

8.3 Geschichte der Austria Tabak

1748 wurde die österreichische Tabakregie von Kaiser Joseph II gegründet.

Bereits im 19. Jahrhundert wurde der private Anbau von Tabakpflanzen weitgehend verboten. Die erlaubte Anbaumenge war nur noch sehr begrenzt erlaubt und auch die Tabakpflanze durfte nur noch von der Gattung des Bauern-Tabaks sein, welcher eine relativ schlechte Qualität hatte, und somit keine echte Konkurrenz für das Monopol war.

1850 wurde dieses Monopol auch auf die ungarischen Kronländer ausgeweitet. Die Tabakregie verlagerte den Anbau weitgehend in diese Regionen. Dort konnten sie von dem dort herrschenden mildern Klima profitieren.

Der Bedarf an Rauchwaren stieg immer weiter an und 1864 wurde die erste Regiezigarette gedreht. Der Tabak entwickelte sich zur wichtigsten Kolonialimportware.

Wie bereits oben erwähnt, erfolgte 1911 eine Verordnung zur Besetzung, Errichtung sowie Auflassung von Tabakverschleißstellen.

2001 erfolgte dann die vollständige Privatisierung der Austria Tabak. Der britische Konzern Gallaher Group übernahm das staatliche Unternehmen.²⁰

Seit dem 18. April 2007 gehört die Austria Tabak nun zu dem japanischem Konzern JTI welcher die Gallaher Group übernommen hat. JTI ist der drittgrößte Tabakkonzern weltweit.

8.4 Vergleich der größten international tätigen Tabakkonzerne

Unternehmen	Sitz	Umsatz (2005)	Zigaretten- stückzahlen (2003)
Altria (Philip Morris)	US	63 Mrd. US-\$	736 Mrd.
Japan Tobacco	JP	40 Mrd. US-\$	423 Mrd.
Imperial Tobacco	GB	21 Mrd. US-\$	101 Mrd.
British American Tobacco	GB	17 Mrd. US-\$	792 Mrd.
Altadis	ES, FR	16 Mrd. US-\$	100 Mrd.
Gallaher Group	GB	15 Mrd. US-\$	k. A.
Reynolds American	US	8 Mrd. US-\$	k. A.

Stand 2005 bzw. 2003²¹

Den Vergleich der hier genannten Umsatzzahlen siehe im Anhang Punkt 13.

Geht man jedoch vom aktuellen Stand aus, konnte Philip Morris seine Vorrangstellung weiterhin beibehalten und JTI steht an dritter Stelle der weltgrößten Tabakunternehmen.

Zur Zeit werden die Tabakunternehmen in ein schlechtes Rampenlicht gerückt. Überall kann man von neuen, strengeren Verordnungen hören, welche das Rauchen in der Öffentlichkeit sehr einschränkt. Gerade in Europa findet momentan ein Umdenken statt.

²⁰ http://de.wikipedia.org/wiki/Austria_Tabak (13.11.2007)

²¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Tabakindustrie> (13.11.2007)

8.4.1 Führende Marken von ATW / Gallaher / JTI

JTI

Camel, Mild Seven, Salem, Winston

Gallaher Group

Smart, Benson & Hedges, Nil, LD, Silk Cut

Austria Tabak

Memphis, Meine Sorte (vormals Milde Sorte)

Gerade in Österreich sind die Marken Memphis und Meine Sorte (vormals Milde Sorte) sehr bekannt. Dies sind Marken welche aus der Produktion der Austria Tabak stammen. Durch die Übernahme von Gallaher Group wurden diese in den Etat von dem britischen Konzern übernommen. Dieser konnte somit zu seinen bereits sehr bekannten Marken, nämlich Smart, Benson & Hedges, Nil oder LD, diese dazu gewinnen. Letztendlich wurden all diese Marken, sowie zahlreiche andere, von dem japanischen Großkonzern übernommen.

8.5 Schmuggel in Österreich

Der Schmuggel mit Zigaretten innerhalb von Österreich floriert. Ein entscheidender Grund hierfür sind die sehr hohen Preise in unserem Land. Die meisten illegalen Rauchwaren kommen aus dem Osten bzw. Südosten Europas. Die beschlagnahmten Waren stammten hauptsächlich aus China, Osteuropa, der Balkanregion sowie aus der Ukraine.²²

Dennoch konnte in diesem Jahr ein Rückgang an geschmuggelten Zigaretten verzeichnet werden. Der Anteil der in Österreich konsumierten und nicht versteuerten Zigaretten ist im Jahr 2006 von 18 auf 13% zurückgegangen. In sieben von neun Bundesländern konnte ein Rückgang an geschmuggelter Ware verzeichnet werden. Spitzenreiter ist Wien mit 20,6% an illegalen Zigaretten. In Salzburg und Tirol werden am wenigsten unversteuerte Zigaretten konsumiert.²³

Zu den genauen aktuellen Zahlen siehe im Anhang Punkt 14.

²² Pressegespräch Austria Tabak 16. April 2007

²³ http://www2.wkstmk.at/wko.at/stwi/stwi_archiv/stwi_2007/handel10_2007.pdf (13.11.2007)

Trotzdem wird weiterhin gegen diese Kriminalität angekämpft. Insgesamt wird innerhalb der kommenden sieben Jahre ein Budget über 98,5 Millionen Euro von der EU gestellt um gegen den Betrug innerhalb der Mitgliedstaaten weiterhin intensiv vorgehen zu können. Das Projekt zur Bekämpfung des Schmuggels innerhalb der europäischen Union wird Hercule II genannt.²⁴

Der Schaden ist jedoch trotz des Rückgangs enorm. Es wird geschätzt, dass den Trafikanten jährlich 350 Millionen Euro durch den Betrug verloren gehen. Auch der finanzielle Schaden für den Staat muss berücksichtigt werden. Das Finanzministerium beziffert den Steuerentgang mit 260 Millionen Euro. Dies sind in etwa 15 Prozent des gesamten Tabaksteueraufkommens. Alleine die im Jahre 2006 entdeckte illegale Zigarettfabrik in Salzburg kostete dem Staat etwa 50 Millionen Euro an entgangenen Steuerleistungen.

Österreichweit gibt es sehr große Unterschiede bei der Anzahl an geschmuggelten Zigaretten. Sind in Vorarlberg lediglich etwas mehr als 9 Prozent aller Zigaretten geschmuggelt, sind es in Wien beinahe 21 Prozent.²⁵

Der Grund für den regen Zigaretten Schmuggel nach Österreich ist sicherlich der sehr hohe Preis, auch im Vergleich zu anderen europäischen Ländern. Den größten Anteil am Endverbraucherpreis nimmt der Steueranteil ein. Wie sich der Zigarettenpreis im einzelnen zusammensetzt siehe im Anhang Punkt 15.

Es wäre auch noch dazu zu sagen, dass von den jährlich aufgegriffenen geschmuggelten Zigaretten etwa 40 bis 50 Prozent gefälschte Ware sind. Für den Konsumenten ist es kaum erkennbar, ob es sich dabei um Originale handelt oder nicht. Die Qualität der Fälschungen ist deutlich schlechter und somit auch noch erheblich gesundheitsschädlicher als die Originalprodukte. Eine Analyse hat ergeben, dass minderwertigere Tabake dafür verwendet werden. Der Anteil an Teer ist bis zu 160 Prozent höher und eine gefälschte Zigarette enthält etwa 60 Prozent mehr Nikotin. In einigen Produkten konnte auch ein sehr hoher Anteil an Arsen nachgewiesen werden.²⁵

²⁴ http://www.spe.at/Multimediaarchiv%5CEPaktiv/epaktiv02_2007.pdf Seite 4 (29.10.2007)

²⁵ Pressegespräch Austria Tabak 16. April 2007

9. Resümee

Bei all den Auswertungen darf allerdings auch nicht darauf vergessen werden, dass die Kundenzufriedenheit einen sehr große Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens hat. Kennen die Kunden die Lieferanten bereits seit längerer Zeit, dann gehört das unbedingt auch zu dieser angesprochenen Zufriedenheit und wenn es relativ gesehen nur zu geringen Einsparungen führen würde, dann sollte die Möglichkeit die Kunden weiterhin in gewohnter Weise zu beliefern, beibehalten werden.

Zusammenfassend kann jedoch gesagt werden, dass in fast allen Berechnungen die Methode mit dem Savingsalgorithmus einen besseren Zielfunktionswert ergibt. Zwar sind die Distanzen nicht geringer aus in den Aktuellen Touren, man muss jedoch beachten, dass das Ziel nicht nur die Minimierung der Distanzen ist, sondern auch die der Gesamtanzahl bzw. die Summe der Ausfahrten der LKWs. Auch der Unterschied der beiden verschiedenen Wiederholungen zeigt deutlich, dass im Normalfall, abgesehen von einer Ausnahme, die Berechnung mit den 10.000 Durchläufen ein besseres Ergebnis bringt, als jene mit nur 1.000 Wiederholungen, da die Wahrscheinlichkeit, bessere Zuteilungen für die Besuchsmuster zu finden, einfach größer ist.

Um ein besseres Ergebnis erlangen zu können, wäre es wahrscheinlich sinnvoll die einzelnen Besuchsmuster so anzunehmen, dass im Durchschnitt jeder einzelne Tag gleich viele Besuche stellt. Somit könnte eine Überladung von einzelnen Tagen, so wie es hier ab und an der Fall ist, vermieden werden. Eine andere Möglichkeit mit den Zuordnungen der Besuchsmuster umzugehen, wäre eine solche, dass nicht alle vorher ausgewählten Besuchsmuster zur Gänze verworfen werden, wie dies hier der Fall ist, sondern dass von guten Lösungen weiter ausgegangen wird und die Veränderung der Besuchsmuster nicht zu 100 Prozent erfolgt, sondern zum Beispiel nur zu 10 Prozent. Dies sollte heißen, dass 90 Prozent der Besuchsmuster, welche bereits zu einem recht guten Ergebnis geführt haben, beibehalten werden und im nächsten Durchlauf nur 10 Prozent der Muster gestört bzw. verändert werden. Dies wäre eine gute Möglichkeit um an bereits günstige Ergebnisse weiter anzuschließen und diese somit zu verfeinern.

Da der Savingsalgorithmus zu den Konstruktionsheuristiken gehört, sollte anschließend noch ein Verbesserungsverfahren implementiert werden. Denkbar wäre hier zum Beispiel ein 2-opt. Diese zusätzliche Berechnung würde die hier angegebenen Ergebnisse noch um einiges verbessern.

Grundsätzlich kann jedoch dazu gesagt werden, dass der Savingsalgorithmus in einer annehmbaren Rechenzeit zu durchaus guten Ergebnissen führt.

Ein Nachteil des Savingsalgorithmus könnte der Aspekt sein, dass die Touren, welche zu Beginn eingeplant werden sehr gut sind. Das sollte heißen dass sehr viele Kunden innerhalb der Restriktionen eingeplant werden. Die gegen Ende gehenden Touren zeigen bereits eine niedrigere Anzahl an Kunden auf. Wie bereits oben erwähnt wäre hier noch ein Verbesserungsverfahren angebracht, da der Savingsalgorithmus doch nur eine Konstruktionsheuristik ist und eine zulässige Ausgangslösung liefert.

Die Touren, welche von tobaccoland aktuell gefahren werden, sind aber durchaus keine schlechte Lösung. Das Unternehmen müsste sich im Detail ansehen, ob eine mögliche neue Tourenplanung für ihre Zielsetzungen notwendig ist. Man darf natürlich auch die zusätzlichen Kosten, welche mit einer derartig großen Umstrukturierung einhergehen, nicht unterschätzen. Somit kann auch nicht klar gesagt werden, dass eine neue Tourenplanung für tobaccoland wirklich von großem Vorteil wäre.

10. Literaturangaben:

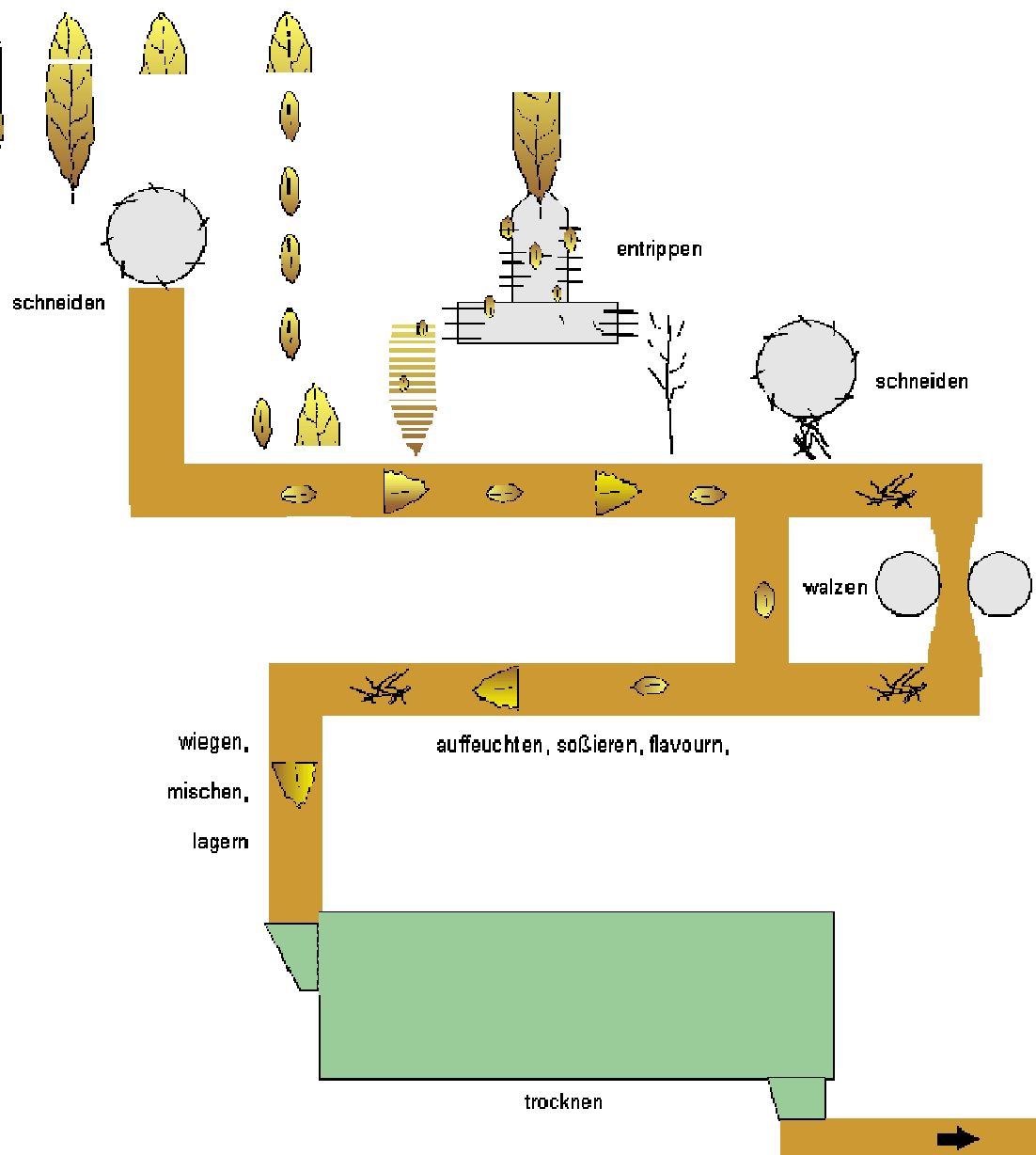
Toth, P., Vigo, D.: Classical Heuristics for the Capacitated VRP, in: *siam, The Vehicle Routing Problem*, P. Hammer (Ed.), pp. 109 – 110, 2002

Cordeau J.F, Laporte G.: *Modeling and Optimization of Vehicle Routing and Arc Routing Problems*, Canada Research Chair in Distribution Management and GERAD HEC Montreal, 2003

Toth, P., Vigo, D.: Metaheuristics for the Capacitated VRP, in: *siam, The Vehicle Routing Problem*, P. Hammer (Ed.), pp. 129 – 130, 2002

Anhang

1.



Schematische Darstellung einer Tabakaufbereitung¹

¹ Quelle: <http://www.zigarettenmaschine.de/frames.html> (13.11.2007)

2.

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Summe der Besuche
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Besuchsmuster für eine Belieferung in zwei Wochen

10 Möglichkeiten

3.

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Summe der Besuche
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2

Besuchsmuster für zwei Belieferungen in zwei Wochen

15 Möglichkeiten

4.

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Summe der Besuche
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3

0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	3
0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3
0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3

Besuchsmuster für drei Belieferungen in zwei Wochen

17 Möglichkeiten

5.

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Summe der Besuche
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	4
1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4
0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4
0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4
1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	4
0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	4
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	4
0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	4
0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	4
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4

1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4
0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	4

Besuchsmuster für vier Belieferungen in zwei Wochen

36 Möglichkeiten

6.

Aktuelle Touren für Rankweil

Anzahl LKW		2	
	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	46	19	223,48
	47	13	377,76
	extern	0	0
Dienstag	46	8	131,55
	47	18	510,86
	extern	0	0
Mittwoch	46	25	286,37
	47	24	316,73
	extern	0	0
Donnerstag	46	24	268,46
	47	20	233,21
	extern	10	418,57
Freitag	46	0	0
	47	0	0
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			2124,94

Woche 2			
Montag	46	18	202,51
	47	12	242,55
	extern	0	0
Dienstag	46	13	199,79
	47	17	255,74
	extern	0	0
Mittwoch	46	23	276,21
	47	19	268,93
	extern	0	0
Donnerstag	46	27	296,52

	47	24	274,91
	extern	7	276,11
Freitag	46	0	0
	47	0	0
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			2017,16

Neu berechnete Touren für Rankweil - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer: 20,609 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	1	25	327,08
	2	16	346,73
	extern	0	0
Dienstag	1	16	260,71
	2	13	246,36
	extern	0	0
Mittwoch	1	28	472,85
	2	6	86,3
	extern	0	0
Donnerstag	1	26	375,12
	2	15	255,52
	extern	0	0
Freitag	1	29	463,57
	2	0	0
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			2834,24

Woche 2			
Montag	1	26	473,06
	2	0	0
	extern	0	0
Dienstag	1	18	302,44
	2	12	281,63
	extern	0	0
Mittwoch	1	26	436,73
	2	0	0
	extern	0	0
Donnerstag	1	27	471,11
	2	8	103,45
	extern	0	0
Freitag	1	30	439,85
	2	0	0
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			2508,27

Neu berechnete Touren für Rankweil - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer: 204,968 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	1	31	425,96
	2	19	300,46
	extern	0	0
Dienstag	1	29	459,06
	2	0	0
	extern	0	0
Mittwoch	1	28	461,46
	2	0	0
	extern	0	0
Donnerstag	1	24	460,68
	2	6	97,97
	extern	0	0
Freitag	1	18	245,53
	2	28	474,74
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			2925,86

Woche 2			
Montag	1	27	477,06
	2	0	0
	extern	0	0
Dienstag	1	28	451,28
	2	0	0
	extern	0	0
Mittwoch	1	27	439,61
	2	0	0
	extern	0	0
Donnerstag	1	23	341,34
	2	12	275,08
	extern	0	0
Freitag	1	21	400,69
	2	0	0
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			2385,06

7.

Aktuelle Touren für Salzburg

Anzahl LKW 6

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	21	23	403,96
	22	27	398,2
	23	25	442,46
	24	25	343,49
	27	0	0

	28	0	0
Dienstag	21	30	380,49
	22	21	328,62
	23	25	337,35
	24	25	449,38
	27	0	0
	28	0	0
Mittwoch	21	15	269,96
	22	24	323,47
	23	14	410,8
	24	18	339,7
	27	12	459,85
	28	6	507,11
Donnerstag	21	25	362,58
	22	22	379,03
	23	16	283,58
	24	18	328,03
	27	16	371,92
	28	0	0
Freitag	21	25	298,47
	22	31	391,27
	23	22	231,83
	24	27	252,82
	27	0	0
	28	0	0
Gesamtsumme intern			8294,37

Woche 2			
Montag	21	29	450,24
	22	28	406,29
	23	25	442,46
	24	24	333,19
	27	0	0
	28	0	0
Dienstag	21	29	369,37
	22	20	316,57
	23	23	312,43
	24	25	454,89
	27	0	0
	28	0	0
Mittwoch	21	14	255,59
	22	23	315,91
	23	15	391,19
	24	18	339,7
	27	12	498,26
	28	8	430,63
Donnerstag	21	25	363,43
	22	20	353,78
	23	16	287,59
	24	19	337,5
	27	10	341,45

	28	0	0
Freitag	21	26	323,92
	22	29	370,88
	23	22	231,38
	24	28	260,82
	27	0	0
	28	0	0
Gesamtsumme intern			8187,47

Neu berechnete Touren für Salzburg - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer: 501,093 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	21	27	395,77
	22	19	301,21
	23	30	429,8
	24	6	105,61
	27	30	371,01
	28	23	332,44
Dienstag	21	22	368,94
	22	24	346,43
	23	22	329,49
	24	22	304,31
	27	0	0
	28	0	0
Mittwoch	21	28	461,15
	22	8	113,48
	23	22	309,57
	24	26	368,5
	27	26	400,91
	28	0	0
Donnerstag	21	27	400,75
	22	25	466,61
	23	31	412,55
	24	10	159,25
	27	0	0
	28	0	0
Freitag	21	24	336,2
	22	19	265,21
	23	27	401,12
	24	27	363,27
	27	10	123,01
	28	23	320,32
Gesamtsumme intern			8186,91

Woche 2			
Montag	21	23	367,96
	22	22	390,31

	23	17	337,43
	24	0	0
	27	0	0
	28	0	0
Dienstag	21	23	374,17
	22	14	275,16
	23	27	393,79
	24	30	451,5
	27	0	0
	28	0	0
Mittwoch	21	31	446,92
	22	24	352,73
	23	25	382,22
	24	23	332,81
	27	0	0
	28	0	0
Donnerstag	21	15	242,82
	22	19	278,98
	23	15	197,13
	24	25	398,96
	27	26	366,95
	28	0	0
Freitag	21	21	394,62
	22	19	312,89
	23	23	421,77
	24	0	0
	27	0	0
	28	0	0
Gesamtsumme intern			6719,12

Neu berechnete Touren für Salzburg - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer: 4945,45 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	21	30	389,79
	22	32	456,82
	23	29	435,37
	24	34	463,62
	27	0	0
	28	0	0
Dienstag	21	29	425,08
	22	32	449,22
	23	28	409,17
	24	27	422,82
	27	0	0
	28	0	0
Mittwoch	21	16	250,64
	22	26	397,66
	23	20	389,11
	24	28	432,92

	27	0	0
	28	0	0
Donnerstag	21	25	465,64
	22	33	460,66
	23	10	133,87
	24	31	447,63
	27	0	0
	28	0	0
Freitag	21	20	312,77
	22	28	393,59
	23	30	460,14
	24	20	319,41
	27	18	266,69
	28	0	0
Gesamtsumme intern			8182,62

Woche 2			
Montag	21	31	465,22
	22	18	322,02
	23	26	387,63
	24	0	0
	27	0	0
	28	0	0
Dienstag	21	30	433,22
	22	26	400,66
	23	23	413,67
	24	29	428,12
	27	0	0
	28	0	0
Mittwoch	21	24	461,93
	22	33	459,75
	23	17	279,57
	24	23	332,01
	27	0	0
	28	0	0
Donnerstag	21	25	451,64
	22	32	466,97
	23	29	440,68
	24	0	0
	27	0	0
	28	0	0
Freitag	21	21	380,17
	22	24	425,72
	23	23	433,66
	24	0	0
	27	0	0
	28	0	0
Gesamtsumme intern			6982,64

8.

Aktuelle Touren für Stein

Anzahl LKW		3	
	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	31	34	455,71
	32	32	468,32
	33	37	525,11
	extern	0	0
Dienstag	31	35	463,54
	32	43	561,75
	33	28	472,88
	extern	13	661,4
Mittwoch	31	27	465,57
	32	37	560,45
	33	34	516,35
	extern	11	754,47
Donnerstag	31	38	451,63
	32	29	468,68
	33	37	514,3
	extern	21	1050,34
Freitag	31	34	445,09
	32	32	412,84
	33	32	443,96
	extern	16	541,79
Gesamtsumme intern			7226,18

Woche 2			
Montag	31	38	492,3
	32	28	434,59
	33	34	496,45
	extern	0	0
Dienstag	31	30	396,91
	32	37	531,29
	33	33	519,95
	extern	9	468,79
Mittwoch	31	31	508,44
	32	36	578,94
	33	34	543,32
	extern	20	1063,58
Donnerstag	31	38	458,12
	32	29	459,6
	33	37	528,31
	extern	15	490,21
Freitag	31	35	470,77
	32	39	472,94
	33	22	337,77
	extern	19	775,3
Gesamtsumme intern			7229,7

Neu berechnete Touren für Stein - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer der Durchführung: 725,562 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	31	25	371,61
	32	31	474,49
	33	28	439,82
	extern	27	438,03
	extern	17	275,67
	extern	24	451,35
Dienstag	31	22	414,98
	32	25	398,25
	33	28	471,63
	extern	20	304,07
	extern	21	385,15
Mittwoch	31	27	436,11
	32	23	446,05
	33	31	474,28
	extern	22	431,96
Donnerstag	31	23	468,62
	32	27	473,82
	33	23	431,63
	extern	16	295,05
	extern	18	385,66
Freitag	31	26	431,55
	32	28	450,7
	33	22	446,74
	extern	22	437,37
	extern	14	247,64
	extern	20	332,38
Gesamtsumme intern			6630,28

Woche 2			
Montag	31	23	451,72
	32	24	478,71
	33	27	150,79
	extern	9	135,86
	extern	18	352,92
Dienstag	31	25	476,32
	32	28	452,37
	33	31	459,6
	extern	21	362,67
	extern	22	832,29
Mittwoch	31	24	446,32
	32	25	399,19
	33	23	431,32
	extern	20	376,62

	extern	18	316,06
Donnerstag	31	22	415,23
	32	24	396,16
	33	26	410,12
	extern	15	360,8
	extern	21	355,72
Freitag	31	25	434,38
	32	19	422,19
	33	21	411,8
	extern	13	291,04
Gesamtsumme intern			6236,22

Neu berechnete Touren für Stein - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer der Durchführung: 7218,69 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	31	28	401,25
	32	23	371,1
	33	29	434,26
	extern	28	435,09
	extern	16	317,35
	extern	23	467,56
Dienstag	31	31	455,55
	32	22	361,62
	33	28	451,47
	extern	22	438,52
	extern	22	440,13
Mittwoch	31	29	455,06
	32	28	461,72
	33	23	403,19
	extern	18	392,92
	extern	15	296,64
Donnerstag	31	28	448,72
	32	27	445,11
	33	20	377,54
	extern	20	390,03
	extern	15	327,91
Freitag	31	29	470,17
	32	25	367,38
	33	27	421,68
	extern	18	325,39
	extern	21	405,99
Gesamtsumme intern			6325,82

Woche 2			
Montag	31	23	405,46
	32	21	370,71
	33	27	478,59

	extern	20	410,79
Dienstag	31	32	474,27
	32	27	469,4
	33	22	360,04
	extern	19	353,82
	extern	20	325,33
Mittwoch	31	23	443,88
	32	21	387,94
	33	25	435,8
	extern	19	335,32
	extern	18	349,24
Donnerstag	31	22	376,83
	32	18	376,37
	33	23	409,71
	extern	17	353,08
	extern	16	341,45
Freitag	31	24	433,76
	32	23	390,71
	33	27	459,75
	extern	9	156,76
	extern	23	453,38
Gesamtsumme intern			6273,22

9.

Aktuelle Touren für Thaur

Anzahl LKW	5		
LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer	
Woche 1			
Montag	51	22	314,94
	52	27	372,92
	53	28	478,55
	54	2	168,75
	59	0	0
Dienstag	51	33	464,95
	52	28	404,99
	53	32	400,05
	54	22	359,27
	59	9	438,83
Mittwoch	51	23	419,46
	52	25	369,32
	53	22	347,53
	54	31	438,2
	59	3	251,29
Donnerstag	51	35	437,57
	52	29	368,38
	53	30	425,38
	54	27	1081,71
	59	0	0
Freitag	51	30	318,18
	52	28	275,46
	53	33	359,63

	54	0	0
	59	0	0
Gesamtsumme intern			8495,36

Woche 1			
Montag	51	24	341,03
	52	26	350,13
	53	27	458,01
	54	3	222,51
	59	0	0
Dienstag	51	33	464,95
	52	28	391,71
	53	32	391,01
	54	20	340,62
	59	6	333,73
Mittwoch	51	25	446,46
	52	23	353,26
	53	23	338,75
	54	32	446,78
	59	6	328,65
Donnerstag	51	34	427,68
	52	29	366,67
	53	28	396,74
	54	25	1126,73
	59	0	0
Freitag	51	30	318,18
	52	27	260,55
	53	30	313,56
	54	0	0
	59	0	0
Gesamtsumme intern			8417,71

Neu berechnete Touren für Thaur - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer der Durchführung: 587,641 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	51	32	477,77
	52	28	392,5
	53	30	468,38
	54	34	469,57
	59	18	263,49
Dienstag	51	31	457,64
	52	18	406,87
	53	31	451,4
	54	26	466,22
	59	0	0
Mittwoch	51	20	389,86
	52	26	400,22

	53	27	451,59
	54	23	322,48
	59	0	0
Donnerstag	51	24	356,47
	52	18	307,5
	53	28	404,84
	54	22	355,08
	59	0	0
Freitag	51	34	465,76
	52	33	456,83
	53	16	261,6
	54	32	398,54
	59	31	418,82
Gesamtsumme intern			8843,43

Woche 1			
Montag	51	23	422,29
	52	17	281,87
	53	25	459,31
	54	0	0
	59	0	0
Dienstag	51	23	412,77
	52	34	450,59
	53	28	435,17
	54	27	453,58
	59	0	0
Mittwoch	51	20	321,06
	52	25	372,84
	53	12	193,34
	54	22	431,88
	59	26	422,8
Donnerstag	51	27	379,17
	52	14	285,01
	53	22	325,36
	54	32	429,16
	59	0	0
Freitag	51	28	422,78
	52	22	372,1
	53	21	324,93
	54	0	0
	59	0	0
Gesamtsumme intern			7196,01

Neu berechnete Touren für Thaur - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer der Durchführung: 5869,84

LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1		

Montag	51	26	385,65
	52	12	139,27
	53	24	398,74
	54	30	449,89
	59	36	478,88
Dienstag	51	32	460,99
	52	30	479,82
	53	30	469,13
	54	0	0
	59	0	0
Mittwoch	51	14	266,06
	52	33	471,91
	53	28	423,57
	54	14	204,99
	59	0	0
Donnerstag	51	25	321,04
	52	30	471,45
	53	11	248,6
	54	38	474,97
	59	22	354,65
Freitag	51	31	414,98
	52	25	412,91
	53	28	452,62
	54	23	318,48
	59	26	338,57
Gesamtsumme intern			8437,17

Woche 1			
Montag	51	25	421,23
	52	11	134,8
	53	26	471,07
	54	0	0
	59	0	0
Dienstag	51	23	378,7
	52	30	470,04
	53	26	343,72
	54	21	308,3
	59	0	0
Mittwoch	51	29	470,67
	52	25	383,59
	53	29	464,99
	54	29	455,71
	59	0	0
Donnerstag	51	29	426,34
	52	31	461,49
	53	26	443,5
	54	19	348,76
	59	0	0
Freitag	51	29	476,93
	52	23	386,09

53	31	476,44
54	0	0
59	0	0
Gesamtsumme intern		7322,37

10.

Aktuelle Touren für Graz

Anzahl LKW 7

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	1	20	340,88
	2	27	426,17
	3	24	426,29
	4	32	442,42
	5	19	328,74
	6	34	454,3
	7	3	351,36
	extern	42	2100,62
Dienstag	1	23	392,67
	2	29	311,85
	3	27	312,34
	4	26	440,87
	5	22	332,7
	6	26	407,56
	7	4	296,61
	extern	33	1285,83
Mittwoch	1	25	364,41
	2	28	376,06
	3	29	353,72
	4	24	387,98
	5	22	356,09
	6	25	346,63
	7	6	370,82
	extern	50	2138,13
Donnerstag	1	22	374,42
	2	22	324,22
	3	31	453,72
	4	24	364,1
	5	24	304,67
	6	21	345,12
	7	4	307,58
	extern	39	1084,56
Freitag	1	18	215,38
	2	19	258,02
	3	26	279,65
	4	20	216,33
	5	18	178,51
	6	18	577,54
	7	0	0
	extern	0	0

Gesamtsumme intern			12019,73	
Woche 1				
Montag		1	21	351,21
		2	25	402,84
		3	26	480,04
		4	30	431,48
		5	20	359,5
		6	29	395,31
		7	3	129,52
	extern		37	1446,2
Dienstag		1	22	384,3
		2	28	300,05
		3	24	275,7
		4	28	472,37
		5	22	322,48
		6	25	398,64
		7	8	568,55
	extern		28	1505,89
Mittwoch		1	27	393,11
		2	28	368,36
		3	27	331,8
		4	25	379,96
		5	22	331,52
		6	23	329,13
		7	3	301,6
	extern		43	1897,65
Donnerstag		1	22	373,58
		2	29	395,81
		3	30	414,18
		4	22	338,73
		5	24	304,67
		6	22	348,42
		7	4	204,12
	extern		56	2317,2
Freitag		1	19	223,2
		2	21	274,31
		3	26	280,68
		4	20	216,33
		5	18	178,51
		6	2	130,07
		7	14	496,74
	extern		0	0
Gesamtsumme intern			11886,82	

Neu berechnete Touren für Graz - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer der Durchführung: 2859,84 Sekunden

LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1		

Montag		1	30	471,31
		2	27	419,43
		3	29	451,05
		4	31	439,23
		5	30	383,53
		6	29	430,28
		7	29	414,07
	extern		29	465,23
Dienstag		1	27	374,01
		2	32	459,14
		3	31	462,51
		4	29	465,76
		5	21	314,73
		6	29	393,82
		7	20	311,42
	extern		12	208,67
Mittwoch		1	28	422,99
		2	31	454,35
		3	30	466,9
		4	31	477,53
		5	30	470,29
		6	19	304,77
		7	0	0
	extern		0	0
Donnerstag		1	22	356,6
		2	29	396,37
		3	24	367,77
		4	26	352,8
		5	24	388,33
		6	31	457,51
		7	16	222,07
	extern		0	0
Freitag		1	27	452,29
		2	28	350,06
		3	31	429,85
		4	29	466,1
		5	35	472,28
		6	30	476,87
		7	26	442,7
	extern		19	312,99
Gesamtsumme intern				14018,72

Woche 1				
Montag		1	20	332,7
		2	26	479,85
		3	25	417,72
		4	22	402,99
		5	27	459,28
		6	25	427,31
		7	0	0
	extern		0	0

Dienstag		1	32	443,65
		2	22	329,26
		3	29	451,54
		4	27	467,03
		5	28	424,98
		6	20	308,52
		7	14	192,41
	extern		0	0
Mittwoch		1	32	431,81
		2	32	451,44
		3	28	426,27
		4	26	374,43
		5	23	388,63
		6	31	421,43
		7	20	364,09
	extern		0	0
Donnerstag		1	27	444,1
		2	24	384,14
		3	18	315,6
		4	26	421,74
		5	28	451,8
		6	24	351,78
		7	0	0
	extern		0	0
Freitag		1	30	422,97
		2	23	377,34
		3	29	455,72
		4	16	259,28
		5	28	398,38
		6	26	478,14
		7	0	0
	extern		0	0
Gesamtsumme intern				12756,33

Neu berechnete Touren für Graz - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer der Durchführung: 29846,5 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag		1	31
		2	30
		3	28
		4	25
		5	29
		6	36
		7	21
	extern		20
Dienstag		1	27
		2	31
		3	34
		4	31

	5	26	399,19
	6	25	394,28
	7	0	0
extern		0	0
Mittwoch	1	26	420,25
	2	23	352,48
	3	33	446,33
	4	24	410,42
	5	22	348,36
	6	24	346,67
	7	21	373,98
extern		0	0
Donnerstag	1	26	469,22
	2	29	402,9
	3	33	441,88
	4	25	413,12
	5	23	400,25
	6	27	394,22
	7	22	317,31
extern		0	0
Freitag	1	29	464,62
	2	34	467,49
	3	29	421,26
	4	28	395,74
	5	31	432,93
	6	30	379,84
	7	25	420,88
extern		20	317,02
Gesamtsumme intern			14174,59

Woche 1			
Montag	1	16	308,78
	2	24	430,87
	3	26	380,86
	4	27	475,43
	5	29	455,4
	6	29	479,37
	7	0	0
extern		0	0
Dienstag	1	27	384,1
	2	22	425,71
	3	26	458,37
	4	29	433,82
	5	31	473,83
	6	33	470,4
	7	0	0
extern		0	0
Mittwoch	1	29	433,59
	2	24	386,99
	3	28	414,79
	4	22	311,8

	5	26	415,54
	6	26	468,59
	7	21	317,52
extern		0	0
Donnerstag	1	28	408,07
	2	34	468,22
	3	26	363,01
	4	24	322,42
	5	26	435,31
	6	23	424,16
	7	22	358,92
extern		0	0
Freitag	1	23	352,43
	2	28	445,29
	3	21	361,56
	4	25	415,16
	5	27	401,83
	6	29	478,19
	7	0	0
extern		0	0
Gesamtsumme intern			13160,33

11.

Aktuelle Touren für Klagenfurt

Anzahl LKW	3		
	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag			
	1	33	508,94
	2	36	497,25
	3	28	487,24
extern		0	0
extern		0	0
Dienstag			
	1	29	362,36
	2	36	541,98
	3	24	499,79
extern		14	821,59
extern		0	0
Mittwoch			
	1	29	418,44
	2	32	446,61
	3	43	411,33
extern		21	841,62
extern		0	0
Donnerstag			
	1	37	458,01
	2	34	563,82
	3	27	309,36
extern		29	2082,92
extern		0	0
Freitag			
	1	23	390,42
	2	25	301,45
	3	27	318,28
extern		41	2170,02

extern	0	0
extern	0	0
Gesamtsumme intern		6515,28

Woche 2			
Montag	1	36	527,85
	2	40	541,08
	3	27	479,68
extern		0	0
extern		0	0
Dienstag	1	34	459,19
	2	34	533,43
	3	22	482,84
extern		13	875,52
extern		0	0
Mittwoch	1	39	550,08
	2	31	440,12
	3	44	421,1
extern		18	734,29
extern		0	0
Donnerstag	1	36	439,42
	2	30	531,82
	3	27	312,56
extern		25	1962,5
extern		0	0
Freitag	1	26	424,45
	2	21	262,83
	3	26	306,81
extern		28	1641,53
extern		0	0
Gesamtsumme intern			6713,26

Neu berechnete Touren für Klagenfurt - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer: 756,296 Sekunden

	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1			
Montag	1	32	455,99
	2	28	405
	3	29	437,85
extern		28	442,55
extern		20	298,33
Dienstag	1	26	436,01
	2	21	325,91
	3	27	464,33
extern		20	310,32
extern		18	277,92
Mittwoch	1	27	411,22
	2	21	393,65

	3	27	423,98
extern		18	333,09
extern		16	300,2
Donnerstag	1	28	427,49
	2	28	398,29
	3	28	433,85
extern		23	331,12
extern		18	294,87
Freitag	1	31	431,87
	2	26	350,24
	3	28	408,45
extern		25	379,23
extern		23	374,94
extern		22	256,44
Gesamtsumme intern			5947,69

Woche 2			
Montag	1	20	398,47
	2	21	346,4
	3	16	288,35
extern		20	391,66
extern		0	0
Dienstag	1	23	396,28
	2	27	436,39
	3	24	369,84
extern		23	377,52
extern		18	276,24
Mittwoch	1	31	443,91
	2	25	470,22
	3	26	388,68
extern		24	402,1
extern		0	0
Donnerstag	1	31	461,27
	2	27	435,48
	3	26	450
extern		21	375,52
extern		0	0
Freitag	1	27	432,15
	2	19	441,84
	3	20	330,41
extern		18	310,07
extern		0	0
Gesamtsumme intern			6089,69

Neu berechnete Touren für Klagenfurt - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer: 7272,3 Sekunden

LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Woche 1		

Montag	1	31	473,26
	2	32	471
	3	30	445,06
	extern	30	420,02
	extern	27	426,48
Dienstag	1	28	420,49
	2	26	457,27
	3	28	460,08
	extern	23	404,85
	extern	0	0
Mittwoch	1	23	388,11
	2	29	467,08
	3	26	391,01
	extern	23	399,64
	extern	18	380,55
Donnerstag	1	26	401,72
	2	23	444,49
	3	22	426,67
	extern	21	307,57
	extern	14	459,48
Freitag	1	32	425,42
	2	31	444,56
	3	29	404,09
	extern	25	433,31
	extern	24	442,03
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			6520,31

Woche 2			
Montag	1	21	357,76
	2	27	440,28
	3	25	469,33
	extern	20	299,39
	extern	0	0
Dienstag	1	28	428,95
	2	30	443,81
	3	25	412,65
	extern	17	354,34
	extern	11	158,32
Mittwoch	1	28	468,44
	2	28	442,67
	3	28	471,11
	extern	20	391,68
	extern	12	248,88
Donnerstag	1	27	463,71
	2	34	460,12
	3	25	436,08
	extern	22	456,31
	extern	0	0
Freitag	1	29	410,33
	2	16	291,57

	3	22	443,09
extern		9	137,2
extern		0	0
Gesamtsumme intern			6439,9

12.

Aktuelle Touren für Linz

Anzahl LKW 7

Woche 1	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Montag	1	24	416,09
	2	24	348,53
	3	22	350,04
	4	28	398,13
	5	21	313,58
	6	21	298,1
	8	54	1587,13
	extern	0	0
Dienstag	1	23	312,82
	2	26	417,69
	3	19	201,67
	4	35	364,73
	5	21	343,65
	6	21	266,58
	8	3	139,96
	extern	20	581,15
Mittwoch	1	23	288,33
	2	24	348,98
	3	24	280,63
	4	27	377,08
	5	24	381,27
	6	19	207,55
	8	30	927,82
	extern	0	0
Donnerstag	1	22	316,62
	2	22	348,46
	3	19	219,08
	4	18	319,79
	5	20	309,98
	6	20	246,05
	8	20	890,03
	extern	0	0
Freitag	1	22	246,78
	2	16	232,05
	3	14	218,64
	4	17	290,44
	5	24	309,32
	6	25	340,92
	8	8	182,33
	extern	29	921,25
Gesamtsumme intern			13040,85

Woche 2				
Montag		1	32	483,58
		2	24	356,7
		3	22	350,09
		4	27	377,91
		5	20	305,77
		6	22	307,53
		8	52	1377,03
	extern		0	0
Dienstag		1	20	288,19
		2	32	487,19
		3	19	201,67
		4	33	354,68
		5	20	338,89
		6	23	296,11
		8	8	212,03
	extern		28	762,69
Mittwoch		1	28	328,24
		2	24	313,35
		3	22	256,14
		4	26	377,22
		5	23	370,86
		6	18	190,13
		8	36	975,84
	extern		0	0
Donnerstag		1	23	324,98
		2	25	364,44
		3	19	219,08
		4	21	349,87
		5	19	304,82
		6	20	246,05
		8	16	503,26
	extern		0	0
Freitag		1	20	217,31
		2	18	249,29
		3	20	285,32
		4	18	299,82
		5	27	333,45
		6	21	292,14
		8	1	88,27
	extern		30	882,42
Gesamtsumme intern			12627,25	

Neu berechnete Touren für Linz - Savings

nach 1.000 Durchläufen Dauer: 2387 Sekunden

Woche 1	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Montag	1	31	409,72
	2	24	342,08

	3	30	387,39
	4	35	478,5
	5	28	359,86
	6	25	317,39
	8	32	442,28
extern		0	0
Dienstag	1	22	308,11
	2	29	468,65
	3	26	445,42
	4	13	179,3
	5	28	418,99
	6	18	260,54
	8	19	310,14
extern		0	0
Mittwoch	1	31	418,77
	2	30	431,72
	3	30	421,24
	4	31	470,19
	5	21	338,68
	6	25	353,15
	8	26	383,31
extern		0	0
Donnerstag	1	24	338,68
	2	22	351,2
	3	35	478,09
	4	20	258,45
	5	23	343,36
	6	19	332,2
	8	22	357,75
extern		0	0
Freitag	1	29	397,75
	2	19	332,87
	3	34	468,86
	4	30	415,6
	5	27	366,82
	6	30	415,6
	8	36	441,47
extern		0	0
Gesamtsumme intern			13244,13

Woche 2			
Montag	1	19	309,49
	2	17	295,9
	3	22	355,75
	4	21	312,42
	5	16	266,59
	6	16	276,77
	8	0	0
extern		0	0
Dienstag	1	20	260,68
	2	22	319,77

		3	30	423,08
		4	28	460,92
		5	21	314,93
		6	21	299,81
		8	32	425,81
	extern		0	0
Mittwoch		1	32	467,2
		2	23	339,24
		3	27	342,18
		4	19	316,07
		5	27	336,51
		6	32	439,37
		8	13	206,21
	extern		0	0
Donnerstag		1	24	375,08
		2	20	323,45
		3	24	331,57
		4	23	317,07
		5	26	364,59
		6	30	457,46
		8	25	336,59
	extern		0	0
Freitag		1	26	450,08
		2	32	449,92
		3	28	459,03
		4	23	336,35
		5	23	382,32
		6	0	0
		8	0	0
	extern		0	0
Gesamtsumme intern				11042,72

Neu berechnete Touren für Linz - Savings

nach 10.000 Durchläufen Dauer: 23995,34 Sekunden

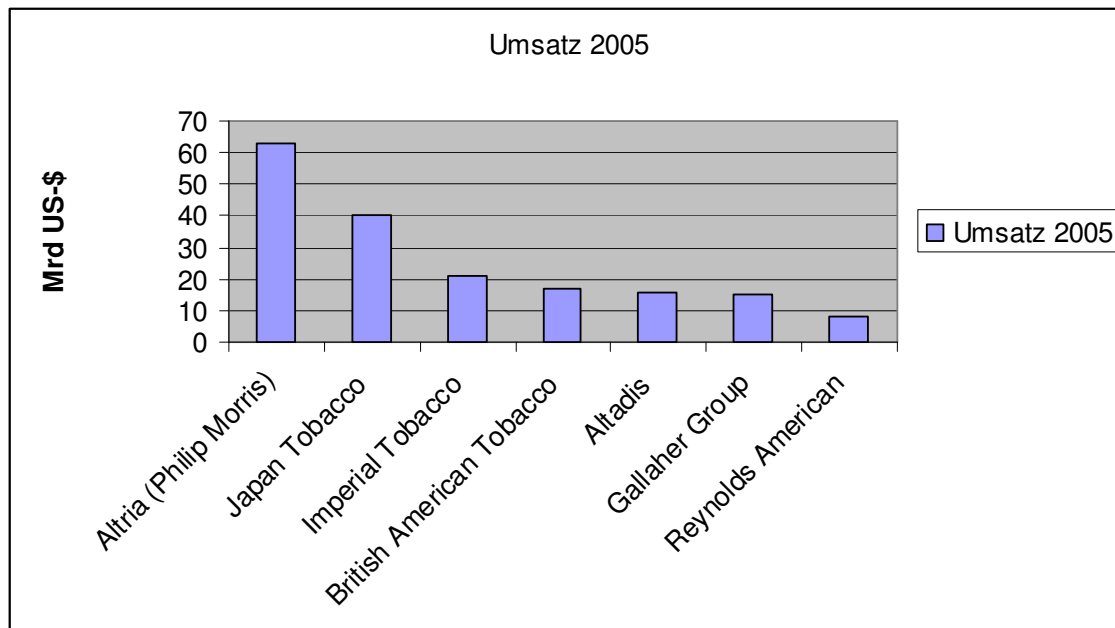
Woche 1	LKW Nr.	Anzahl an angefahrenen Kunden	Dauer incl. 8min Verweildauer
Montag	1	33	420,19
	2	18	347,5
	3	34	419,24
	4	33	465,51
	5	32	465,74
	6	31	423,93
	8	25	309,44
	extern	0	0
Dienstag	1	28	457,76
	2	26	374,38
	3	10	184,98
	4	23	370,09
	5	35	462,04
	6	28	404,23
	8	31	471,53

	extern	0	0
Mittwoch	1	26	394,42
	2	28	452
	3	28	417,79
	4	20	300,26
	5	30	475,34
	6	31	427,02
	8	0	0
	extern	0	0
Donnerstag	1	29	408,36
	2	26	374,9
	3	32	474,69
	4	33	479,59
	5	18	274,55
	6	26	352,09
	8	0	0
	extern	0	0
Freitag	1	26	359,8
	2	30	428,35
	3	29	449,33
	4	35	477,81
	5	29	392,3
	6	27	401,41
	8	22	239,34
	extern	0	0
Gesamtsumme intern			13155,91

Woche 2			
Montag	1	27	450,81
	2	25	410,67
	3	27	437,2
	4	30	445,89
	5	30	447,98
	6	0	0
	8	0	0
	extern	0	0
Dienstag	1	25	380,69
	2	30	422,36
	3	18	273,63
	4	22	329,53
	5	33	455,53
	6	33	475,6
	8	29	378,04
	extern	0	0
Mittwoch	1	34	471,1
	2	30	459,87
	3	28	473,6
	4	33	479,76
	5	26	387,79
	6	0	0
	8	0	0

	extern		0	0
Donnerstag	1	34	470,76	
	2	29	477,89	
	3	35	467,5	
	4	28	434,99	
	5	25	353,4	
	6	22	353,64	
	8	0	0	
	extern		0	0
Freitag	1	31	469,93	
	2	23	332,16	
	3	24	396,39	
	4	21	344,16	
	5	22	420,05	
	6	0	0	
	8	0	0	
	extern		0	0
Gesamtsumme intern			11700,92	

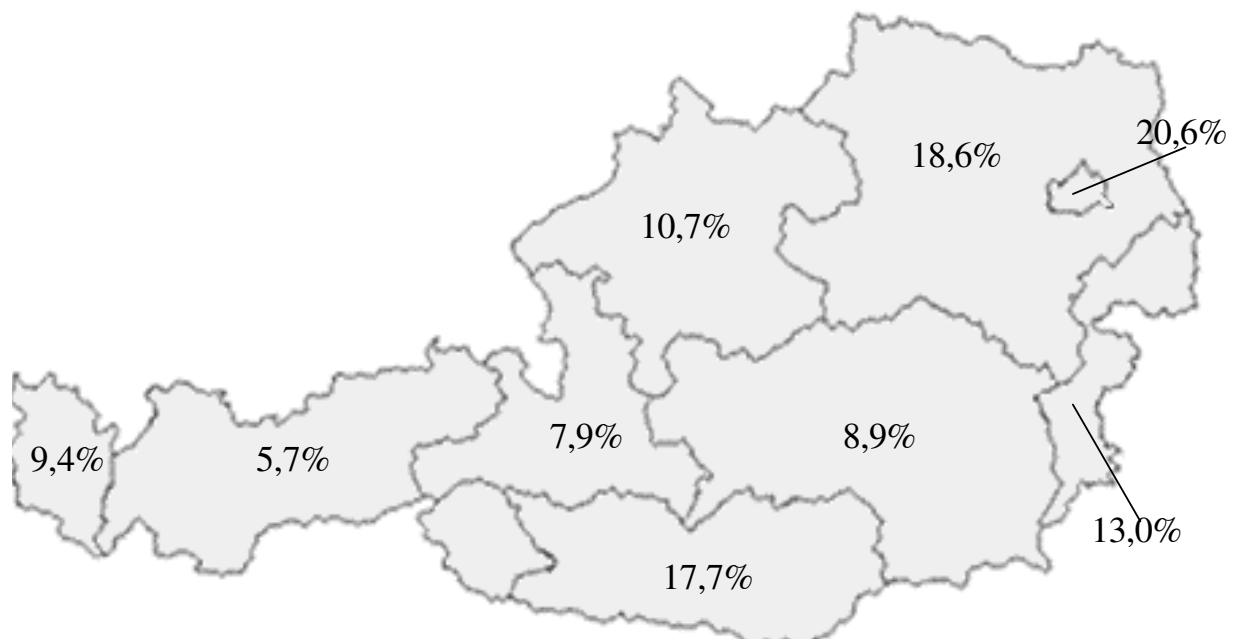
13.



Auf der x-Achse können die unterschiedlichen Tabakkonzerne betrachtet werden. Die y-Achse zeigt den Umsatz jeweils in der Einheit in Mrd. US-\$.²

² Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Tabakindustrie> (13.11.2007)

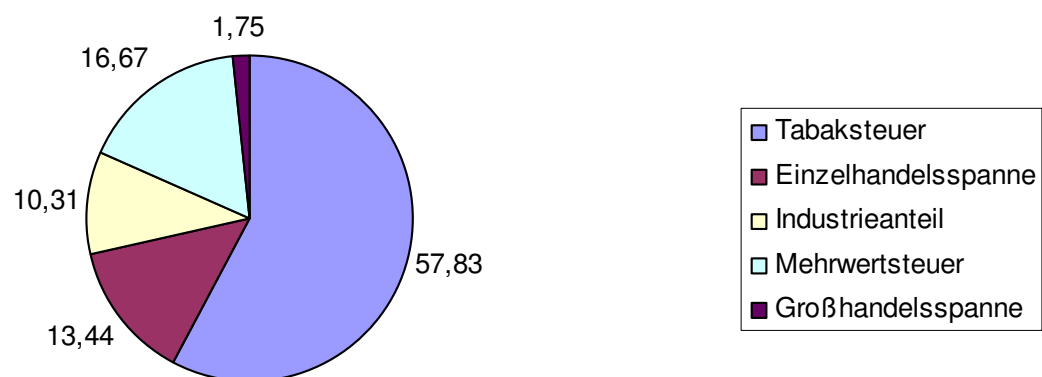
14.



Studie 2006 an nicht versteuerten Zigaretten in Österreich.³

15.

Zusammensetzung Zigarettenpreis



Anschauung für die Zusammensetzung des Zigarettenpreises innerhalb von Österreich.

³ Quelle: Pressegespräch Austria Tabak 16. April 2007

Abstract

Die hier vorliegende Diplomarbeit behandelt das Thema der Tourenplanung anhand eines realen Problems. Verwendet wurden die Daten aller Tabaktrafiken welche in Österreich ansässig sind.

Die Tourenplanung beschreibt den Weg bzw. die Reihenfolge nach welcher vorgegebene Standorte angefahren werden sollten um die Kosten zu minimieren.

Grundsätzlich werden die Trafiken von acht verschiedenen Lieferlagern aus angefahren und mit Rauchwaren versorgt. Abgesehen vom Lager in Wien wurde für jede Niederlassung eine Tourenplanung erstellt. Wien stellt das größte Lager in Österreich dar. Die hohe Anzahl an Kunden ermöglichte es leider nicht die notwendigen Distanzdaten, welche für die Berechnung unumgänglich sind, zu ermitteln.

Die Belieferung findet in einem zweiwöchig wiederkehrendem Intervall statt, d.h. dass sich der Belieferungsrhythmus alle 14 Tage wiederholt. Für jede einzelne Trafik wurde je nach Bedarf ermittelt, ob diese einmal, zweimal, dreimal oder sogar viermal innerhalb dieser zwei einzuplanenden Wochen angefahren werden sollte und dementsprechend wurden alle Standorte in die neue Planung miteinbezogen.

Für die Berechnung der Touren stehen grundsätzlich mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Hier wurden verschiedenste Heuristiken erwähnt und kurz beschrieben. Für die eigentliche Berechnung wurde das Verfahren des Savingsalgorithmus verwendet und in C++ implementiert.

Im allgemeinen kann gesagt werden, dass der Savingsalgorithmus eine Konstruktionsheuristik darstellt. Weiterführende Verbesserungsverfahren wurden hier nicht miteinbezogen.

Im Anschluss wurden die gesamten neu errechneten Ergebnisse mit den aktuellen Touren, welche momentan zur Belieferung gefahren werden, verglichen. Maßgeblich hierfür waren die Messzahlen der totalen

Tourenlängen, die Anzahl an verwendeten Kraftfahrzeugen sowie die extern zu beliefernden Kunden.

Grundsätzlich kann zum Ergebnis gesagt werden, dass mit dem hier verwendeten Verfahren keine große Einsparung erreicht werden konnte. Sinnvoll wäre es jedoch im Anschluss noch ein Verbesserungsverfahren anzuhängen.

Lebenslauf

Geburtsdatum: 09.04.1982
Adresse: 2331 Vösendorf, Klausengasse 25b/2/2
Telefon: 0650/6322617
e-mail: inalackner@yahoo.de

Ausbildung

1988-1992 Volksschule, Bad Hofgastein
1992-1996 Hauptschule, Bad Hofgastein
1996-2001 Höhere Lehranstalt für Tourismus, Bad Hofgastein
Abschluss mit Matura
seit 2001 Studium der Internationalen Betriebswirtschaft,
Universität Wien
Schwerpunkt Operations Research, Produktion und
Logistik

Berufliche Tätigkeiten

seit 08/2001 Austria Tabak GmbH
Geringfügige Beschäftigte als Assistentin in der Abteilung
IT

seit 07/2007 Daikin Airconditioning Headquater
Logistikassistentin

Ina Lackner

Vösendorf im Jänner 2008